



## Karakteristik mutu fisik, kimia dan umur simpan beras analog dari campuran tepung ubi jalar ungu, jagung dan sago

Feri Kusnandar\*, Faleh Setia Budi, Dias Indrasti, Nur Annisa, Kezia Grace Abraham, Azizah Tsaniya Fasya, Yane Regiyana, Slamet Budijanto

*Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB University, Bogor, Indonesia*

### Article history

*Diterima:*

8 November 2022

*Diperbaiki:*

7 Maret 2023

*Disetujui:*

8 Maret 2023

### Keyword

*Analog rice;*

*anthocyanin;*

*corn;*

*sago;*

*shelf-life;*

*purple sweet potato*

### ABSTRACT

*Flours made from a mixture of purple sweet potato, corn, and sago have potential use in producing analog rice. The desired analog rice should contain good nutritional value, bioactive components, and have a long shelf life. The aim of this study was to evaluate the physicochemical characteristics of analog rice made from these mixed flours and to determine its shelf life. To produce the analog rice, a mixture of 2700 g purple sweet potato flour, 2700 g corn flour, 600 g sago flour, and 120 g glycerol monostearate was used with a twin-screw extruder. The resulting analog rice was analyzed for its chemical composition, total phenolic and anthocyanin content, antioxidant capacity, and shelf life using the critical moisture content method. The analog rice was found to be high in carbohydrates as the main component (81.1%) and contained a total phenolic content of 75.0 mg/100g, anthocyanin content of 19.28 mg/100g, and antioxidant activity of 54.66%. The natural purple color of the rice analog was attributed to the presence of anthocyanin ( $L=36.7$ ,  $a=6.54$ ;  $b=3.05$ ). When stored in polypropylene packaging at a temperature of 30°C and relative humidity (RH) of 75%, the shelf life of the analog rice was found to be 6.0 months. Different storage conditions and packaging types resulted in varying shelf-lives.*



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

\* Penulis korespondensi

Email : [fkusnandar@apps.ipb.ac.id](mailto:fkusnandar@apps.ipb.ac.id)

DOI 10.21107/agrointek.v18i2.17352

## PENDAHULUAN

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*) banyak dibudidayakan di Indonesia sebagai sumber pangan alternatif dan bahan baku industri (Rosidah 2014; Sianturi *et al.* 2021). Ubi jalar ini memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi (97.37% bk). Kandungan karbohidrat-nya yang utama adalah pati (78.04% bk), dengan kadar amilosa 32.91% bk dan amilopektin 56.13% bk (Mahmudatussa'adah *et al.*, 2014). Warna khas ungu dari kulit dan daging ubi jalar ungu disebabkan oleh adanya kandungan antosianin yang tinggi (Husna *et al.* 2013; Mahmudatussa'adah *et al.* 2014; Kurniasari *et al.* 2021). Warna dari tepung ubi jalar ungu sendiri dapat bervariasi, yang dipengaruhi oleh nilai pH (Mahmuda-tussa'adah *et al.* 2014), dan perlakuan pemanasan sebelum proses penepungan (Shaliha *et al.* 2017; Kurniasari *et al.* 2021). Antosianin dan senyawa fenolik yang terkandung dalam ubi jalar ungu juga menunjukkan kapasitas antioksidatif (Mahmudatussa'adah *et al.* 2014; Shaliha *et al.* 2017; Safari *et al.* 2019).

Ubi jalar ungu dapat diproses lebih lanjut menjadi tepung. Tepung ubi jalar dapat diproses secara sederhana melalui tahapan ubi diiris dan dikeringkan sehingga menjadi sawut kering, kemudian digiling menjadi tepung dan diayak untuk diperoleh tepung dengan ukuran mesh tertentu (Firgianti dan Sunyoto 2018; Anggarawati *et al.* 2019). Tepung ubi jalar ungu dapat dimanfaatkan sebagai ingredien dalam pembuatan beras analog. Penggunaan tepung ubi jalar ini memudahkan dalam penanganan bahan selama proses pengolahan beras analog dan standarisasi formulanya. Beras analog sendiri merupakan produk pangan yang dibentuk menyerupai butiran beras (*rice-like*) dengan menggunakan ekstruder (Zhanga *et al.* 2020).

Beras analog umumnya dibuat dari campuran beberapa tepung untuk menghasilkan tekstur beras analog yang bermutu, baik dalam bentuk butiran beras yang seragam (tekstur dan kekompakan bulir) maupun setelah dimasak (rasa, tekstur dan tingkat kelengketan nasinya). Penambahan tepung jagung, dan sugu aren dapat memberikan tekstur beras analog yang tidak mudah hancur ketika dimasak (Anindita *et al.* 2020). Penelitian lainnya menggunakan formulasi berbagai bahan, seperti singkong (Putri *et al.* 2020), kacang-kacangan (Andika *et al.* 2021), jagung dan kedelai (Kusnandar *et al.* 2020b), sugu (Sumardiono *et al.*

2021), dan sorgum (Budijanto *et al.* 2013). Penelitian beras analog dari bahan baku yang memiliki keunggulan fungsional juga sudah dikem-bangkan, seperti bekatul yang menunjukkan sifat hipokolesterolemik (Kusnandar *et al.* 2022), serta beras hitam dan ubi banggai yang memberikan sifat antioksidatif (Noviasari *et al.* 2022; Amar *et al.* 2021). Namun demikian, beras analog dari bahan baku dengan campuran tepung ubi jalar belum ada yang melaporkan.

Untuk memperbaiki tekstur, pembuatan beras analog dapat ditambahkan ingredien lain, yaitu gliserol monosteat (GMS) untuk menghasilkan beras analog yang kompak (tekstur mudah hancur) dan tidak lengket ketika dimasak (Noviasari *et al.* 2013; Kurniasari *et al.* 2020; Kusnandar *et al.* 2020a, 2020b). Penambahan hidrokoloid, seperti konjak dan karagenan juga dapat menghasilkan beras analog instan yang memiliki waktu pemasakan yang lebih pendek (Kurniasari *et al.* 2020; Kusnandar *et al.* 2020b). GMS banyak digunakan karena harganya relatif lebih murah dibandingkan konjak dan karagenan.

Tingkat penerimaan beras analog terutama ditentukan oleh teksturnya yang tidak mudah hancur, baik dalam bentuk butiran maupun ketika dimasak (Budi *et al.* 2017). Perubahan tekstur dapat terjadi selama penyimpanan, terutama bila produk dikemas dengan menggunakan kemasan plastik yang memiliki permeabilitas uap air (k/x) yang memungkinkan terjadinya migrasi uap air dari lingkungan ke dalam produk selama penyimpanan. Oleh karena itu, umur simpan beras analog dapat ditentukan berdasarkan batas penerimaan teksturnya yang disebabkan oleh penyerapan uap air ke dalam produk. Metode penentuan umur simpan yang sesuai untuk produk yang mengalami perubahan tekstur akibat penyerapan uap air ini adalah metode kadar air kritis (Kusnandar *et al.* 2010; Kusnandar *et al.* 2016; Pakpahan *et al.* 2020). Penentuan umur simpan beras analog juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode Arrhenius, yaitu berdasarkan perubahan komponen kimianya, misalnya pada beras analog dari tepung jagung (Kusnandar *et al.* 2017). Metode Arrhenis sesuai digunakan untuk produk yang dikemas dengan kemasan yang kedap uap air (Kilcast dan Subramaniam 2000). Penentuan umur simpan dalam penelitian ini menggunakan metode kadar air kritis, karena kemasan yang digunakan adalah plastik yang memiliki permeabilitas uap air (*low*

*density polyethylene, polypropylene* dan *metalized plastic*) yang memungkinkan uap air dapat menembus kemasan dan mengakibatkan perubahan tekstur beras analog.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi mutu fisik (warna), mutu kimia (kadar proksimat, total fenol, dan antosianin), dan kapasitas antioksidan dari beras analog yang dibuat dari campuran tepung ubi jalar ungu, tepung jagung dan sagu aren, serta penentuan umur simpannya berdasarkan perubahan tekstur produk dengan menggunakan metode kadar air kritis.

## METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan untuk memproduksi beras analog adalah ubi jalar ungu segar yang diperoleh dari petani di Dramaga, Bogor, serta tepung jagung dan tepung sagu aren yang diperoleh di supplier lokal di Bogor. Gliserol monostearat (GMS) diperoleh dari PT FITS, Bogor. Bahan kimia yang digunakan untuk percobaan pembuatan kurva Isoterm Sorpsi Air (ISA) adalah garam *analytical grade* (Merck dan Sigma Aldrich), yaitu NaOH (Merck 6498), K Asetat (Sigma P1147), NaBr (Sigma 220345), KI (Merck 5043), NaCl (Merck 6404), dan KCl (Merck 4936). Bahan kimia untuk analisis total fenol dan antosianin, total fenol dan kapasitas antioksidan adalah asam galat (Sigma G7384), Folin Ciocalteu (Merck 9001), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Merck 6392), DPPH (Sigma D9132), KCl (Merck 4936), HCl (Merck 317), dan sodium asetat (Merck 6268). Bahan kimia untuk analisis diperoleh dari supplier bahan kimia di Jakarta.

### Proses Pembuatan Tepung Ubi Jalar

Proses pembuatan tepung ubi jalar mengacu pada Firgianti dan Sunyoto (2018). Ubi jalar dicuci dan dikupas hingga bersih untuk menghilangkan sisa tanah, dan kotoran lainnya yang terbawa pada permukaan ubi. Sampel ubi jalar kemudian diiris dengan ketebalan 50 mm, kemudian dikeringkan dengan menggunakan pengering kabinet (merk Terada Sesakusho, kapasitas 20 kg/jam) pada 60°C selama 8 jam. Sawut kering kemudian digiling halus dan diayak sehingga diperoleh tepung dengan ukuran 80 mesh.

### Proses Pembuatan Beras Analog

Proses produksi beras analog secara keseluruhan mengacu pada metode Andika *et al.*

(2021) dengan modifikasi jumlah air sesuai formulasi bahan. Beras analog diproduksi dengan basis berat total bahan tepung sebanyak 5000 g (basis basah) sebagai berikut: tepung ubi jalar (2700 g), tepung jagung (2700 g), tepung sagu aren (600 g), dan gliserol monostearat (120 g). Bahan dicampur merata dengan menggunakan *hand mixer*, kemudian air (3000 mL) ditambahkan secara perlahan sambil diaduk merata, sehingga diperoleh campuran yang lembab (kadar air<sub>±</sub>40%). Campuran bahan kemudian dimasukkan ke dalam mesin ekstruder (*twin-screw extruder*, merk Berto Industries, kapasitas 20 kg/jam), yaitu bahan diaduk kembali agar homogen, dan melewati *screw* untuk diperoleh butiran basah yang menyerupai beras. Mesin ekstruder di-set pada 87°C (*thermocontrol 1*), 85°C (*thermocontrol 2*), dan 83°C (*thermocontrol 3*) dengan *speed screw* 40 Hz, *speed auger* 40 Hz, dan *speed cutter* 30 Hz. Butiran beras diletakkan pada nampan hingga merata, kemudian dikeringkan dengan pengering kabinet (merk Terada Sesakusho, kapasitas 20 kg/jam) pada 60°C selama 40 menit. Beras analog kemudian dikemas dalam kemasan *polypropylene* (berat bersih 800 g), dan disimpan di tempat yang kering sebelum dianalisis.

### Analisis Warna

Warna sampel tepung dan beras analog diukur dengan menggunakan Chromameter (CR-400/410) dengan mengacu pada (Kusnandar *et al.* 2017). Instrumen dikalibrasi terlebih dahulu dengan plat standar berwarna putih. Sampel beras analog diletakkan secara merata di atas cawan (granular materials attachment CR-A50), lalu kepala optik ditempelkan pada sampel, lalu diukur. Parameter warna yang dicatat adalah nilai L, a dan b (sebagai rata-rata dari tiga kali pengukuran).

### Analisis Kadar Proksimat, Gula dan Energi

Analisis kadar air, abu, protein (N=6,25), dan lemak mengacu pada metode SNI-01-2891-1992 (BSN 1992b). Karbohidrat ditentukan *by difference* (100% - % air - % abu - % protein - % lemak). Kadar gula mengacu pada metode SNI 01-2892-1992 (BSN 1992a). Energi (Kal/100 g) dihitung dari kontribusi karbohidrat, protein dan lemak.

### Analisis Total Fenolik

Analisis total fenolik mengacu pada metode Kong *et al.* (2011). Sampel tepung dan beras

analog (0.5 g) dilarutkan dalam etanol 80% (10 mL), lalu dipanaskan di atas *shaker wate bath* (55°C selama 3,5 jam), dan disentrifusi (3000 rpm selama 10 menit). Larutan standar juga disiapkan, yaitu seri larutan asam galat standar (50, 40, 30, 20, 10 dan 5 (mg/L) yang diperoleh dari hasil pengenceran larutan stok induk (100 mg/L). Larutan sampel dan standar masing-masing diambil sebanyak 0,4 mL, lalu ditambahkan larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2% (4 mL) dan larutan Folin 50% (0.2 mL). Sampel kemudian diinkubasi di ruang gelap selama 30 menit, lalu nilai absorbansinya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 750 nm. Larutan seri standar asam galat digunakan untuk membuat persamaan regresi linear yaitu dari konsentrasi asam galat sebagai sumbu x dan absorbansi asam galat sebagai sumbu y. Persamaan regresi linear yang diperoleh digunakan untuk menghitung konsentrasi total fenol dari sampel sebagai nilai x, yaitu dengan memasukkan nilai absorbansi sebagai nilai y. Konsentrasi nilai x yang diperoleh dikonversikan dengan volume larutan dan berat sampel yang digunakan sebagai total fenolik yang dinyatakan dalam satuan ekuivalen asam galat (mg EAG/100 g).

#### Analisis Antosianin

Analisis kadar antosianin dilakukan dengan mengacu pada metode Guisti dan Wrolstad (2001). Sampel tepung dan beras analog (0,5 g) dilarutkan dalam etanol 85% (10 mL), diekstrak/dishaker 30 menit dan disentrifusi (3000 rpm selama 10 menit). Sebanyak 0,5 mL ekstrak dimasukkan ke dalam dua labu takar 10 mL Labu takar 1 ditambahkan larutan buffer KCl pH 1 dan labu takar 2 ditambahkan larutan buffer Na Asetat pH 4,5 sampai tanda tera dan dikocok. Masing-masing larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang serapan maksimum 510 nm dan panjang gelombang 700 nm. Kadar antosianin dihitung dengan rumus berikut (persamaan 1) dan dinyatakan dalam mg/100g.

$$\text{Total antosianin} = \frac{A \times MW \times DF \times V \times 100}{\epsilon \times l \times W} \quad (1)$$

Keterangan : A = (Abs 520nm - Abs 700) pada pH 1,0 - (Abs 520 nm - Abs 700) pada pH 4,5; MW = Bobot Molekul dihitung sebagai Sianidin-3-glukosidase =449,2 g/mol; DF = Faktor Pengenceran; V = Volume Larutan

Sampel; W = Berat Sampel (g);  $\epsilon$  = Absortivitas molar Sianidin-3-glukosidase = 26,900.

#### Analisis Kapasitas Antioksidan

Kapasitas antioksidan sampel tepung dan beras analog dianalisis dengan metode DPPH (Baba dan Malik 2015). Sampel (1,0 g) dilarutkan dalam metanol (10 mL), lalu divortex hingga homogen dan didiamkan selama 24 jam, kemudian disentrifusi (3000 rpm selama 10 menit). Filtrat sampel (0,2 mL) dipisahkan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang ditutup dengan aluminium foil, lalu larutan DPPH 25 ppm (3,8 mL) ditambahkan ke dalamnya. Sampel lalu diinkubasi selama 1 jam di ruang gelap, dan nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm dengan spektrofotometer UV-Vis. Sebagai kontrol digunakan metanol (0,2 mL) yang ditambahkan ke dalamnya larutan DPPH 25 mg/L (3,8 mL). Kapasitas antioksidan dihitung dengan rumus berikut (persamaan 2) dan dinyatakan sebagai persen inhibisi.

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{(\text{Abs.kontrol} - \text{Abs.sampel})}{\text{Abs.kontrol}} \times 100 \quad (2)$$

#### Analisis Aktivitas Air

Aktivitas air sampel beras analog dianalisis dengan menggunakan *a<sub>w</sub>* meter (Aqualab Decagon 4 TE). Metode analisis merujuk pada manual instrumen. Sebanyak 1.0 g sampel dimasukkan ke dalam alat, dan nilai *a<sub>w</sub>* nya dicatat. Alat dikalibrasi dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan menggunakan larutan garam NaCl jenuh (*a<sub>w</sub>* =0.7530).

#### Pembuatan Kurva Isoterm Sorpsi Air

Kurva isoterm sorpsi air (ISA) merupakan kurva hubungan antara aktivitas air (*a<sub>w</sub>*) atau kelembaban relatif (RH/100) dengan kadar air kesetimbangan (Me). Sampel beras analog (2,0-3,0 g) disimpan di dalam enam desikator yang berisi larutan garam jenuh yang memberikan nilai *a<sub>w</sub>* tertentu (Nicoli, 2012), yaitu NaOH (*a<sub>w</sub>*=0,0758), Kalium asetat (*a<sub>w</sub>*= 0,2161), NaBr (*a<sub>w</sub>*=0,5603), KI (*a<sub>w</sub>*=0,6789), NaCl (*a<sub>w</sub>*=0,7509), KBr (*a<sub>w</sub>*=0,8027) dan KCl (*a<sub>w</sub>*= 0,8362). Sampel kemudian ditimbang secara periodik setiap hari hingga tercapai berat konstan (perubahan berat  $\pm$  0,002-0,010g). Kadar air kemudian diukur (AOAC, 2005) dan dinyatakan sebagai g H<sub>2</sub>O/g padatan. Kurva ISA diplot sebagai hubungan antara RH (*a<sub>w</sub>*\*100) untuk masing-masing larutan garam terhadap Me. Kurva ISA dibuat dengan

menggunakan model Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB) (persamaan (3)).

$$m = \frac{CK a_w m_e}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + CK a_w)} \quad (3)$$

Keterangan:  $m_e$  = kadar air kesetimbangan,  $m$  = kadar air (basis kering) pada  $a_w$  tertentu, dan  $C$ ,  $k$  adalah konstanta.

### Penentuan Umur Simpan

Umur simpan beras analog ditentukan pada berbagai kondisi penyimpanan, yaitu RH penyimpanan (75%, 80% dan 85%), suhu penyimpanan (27°C, 30°C, 32°C), dan tiga jenis spesifikasi kemasan (LDPE, PP dan *metalized plastic*). Umur simpan dihitung dengan persamaan (4) berikut:

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

Keterangan:  $t$  = waktu untuk mencapai kadar air kritis atau umur simpan (hari);  $M_o$  = kadar air awal sampel (g H<sub>2</sub>O/g padatan) di awal penyimpanan;  $M_c$  = kadar air kritis (g H<sub>2</sub>O/g padatan) pada batas penerimaan sampel;  $M_e$  = kadar air kesetimbangan (g H<sub>2</sub>O/g padatan) pada RH tertentu;  $k/x$  = permeabilitas kemasan (g/m<sup>2</sup>/hari/mmHg);  $A$  = luas kemasan yang kontak langsung dengan sampel (m<sup>2</sup>);  $W_s$  = berat awal sampel (g, berat kering);  $P_o$  = tekanan uap air murni (mmHg) pada suhu penyimpanan tertentu;  $b$  = kemiringan (*slope*) kurva ISA yang ditentukan dari bagian linier kurva, yaitu pada rentang RH 10-85%.

Kadar air awal dan kadar air kritis dari sampel beras analog diukur dengan mengacu pada metode AOAC (2005). Kadar air awal adalah kadar air dari sampel yang baru diproduksi. Kadar air kritis menunjukkan batas kadar air pada saat produk ditolak secara sensori oleh panelis. Kadar air kritis ditentukan dengan cara menimbang sampel beras analog (30,0 g), kemudian disimpan tanpa kemasan di ruangan terbuka (RH= 75%, 30°C), dan diamati perubahan fisiknya setiap enam jam oleh panelis terlatih (10 orang) hingga panelis mulai menolak tekstur sampel. Perubahan fisik yang diamati mencakup adanya penggumpalan, lengket atau lembab saat ditekan oleh tangan. Panelis memberikan skor/*rating* pada skala 1-10, yaitu skor 1=sampel tidak lengket/tidak lembab/tidak menggumpal dan skor 10=sampel lengket/ lembab/menggumpal. Batas penolakan produk ditetapkan pada skor 5, yaitu pada saat panelis mengidentifikasi sampel mulai agak lengket/agak lembab saat ditekan oleh tangan. Segera setelah batas skor penolakan

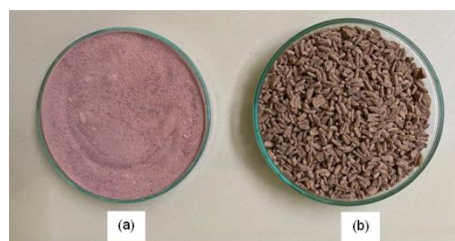
tersebut tercapai, sampel diukur kadar airnya. Kadar air kritis dinyatakan dengan g H<sub>2</sub>O/g padatan.

Kadar air kesetimbangan ( $M_e$ ) ditentukan dari kurva ISA (Pakpahan *et al.* 2020), yaitu pada tiga nilai RH (75%, 80% dan 85%). Nilai  $P_o$  ditentukan dari tabel uap air (Kuppan 2017) pada tiga suhu penyimpanan, yaitu 27oC, 30oC dan 32oC. Permeabilitas uap air kemasan ( $k/x$ ) diperoleh dari referensi (Kusnandar *et al.* 2016; Pakpahan *et al.* 2020), yaitu 0,501 g/m<sup>2</sup>/24 jam.mmHg (low density polyethylene atau LDPE), 0,205 g/m<sup>2</sup>/24 jam.mmHg (polypropylene atau PP); dan 0,0214 g/m<sup>2</sup>/24 jam.mmHg (metalized plastic OPP20+ PET12+CPP30).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Warna dan Komposisi Kimia

Penampakan fisik dan warna beras analog dari tepung ubi jalar ungu disajikan (Gambar 1). Bentuk bulir ubi jalar menyerupai beras dengan warna khas ungu. Pengukuran dengan Chromameter memberikan nilai  $a$  yang tinggi (6,54), yang menunjukkan kecenderungan warna keunguan (Tabel 1). Warna ungu ini disebabkan oleh adanya kandungan antosianin yang cukup tinggi dalam beras analog, yaitu sebesar 19,28 mg/100g. Namun, kadar antosianin pada beras analog ubi jalar ungu lebih rendah dibandingkan tepung ubi jalnya (69,72 mg/100g), karena persentase tepung ubi jalar ungu dalam formulasi beras analog adalah hanya sebesar 40% dari total bahan kering. Warna ungu dari beras analog lebih gelap dibandingkan tepung ubi jalnya, yang diduga disebabkan oleh pengaruh pemanasan selama proses ekstrusi dan pengeringan. Perubahan warna juga teridentifikasi dari perbedaan nilai  $L$ ,  $a$  dan  $b$  dari tepung ubi jalar dibandingkan beras analognya (Tabel 1). Menurut Patras *et al.* (2010), proses pemanasan mempercepat degradasi antosianin yang juga berpengaruh pada perubahan warna.



Gambar 1 Tepung ubi jalar (a) dan beras analog ubi jalar (b)

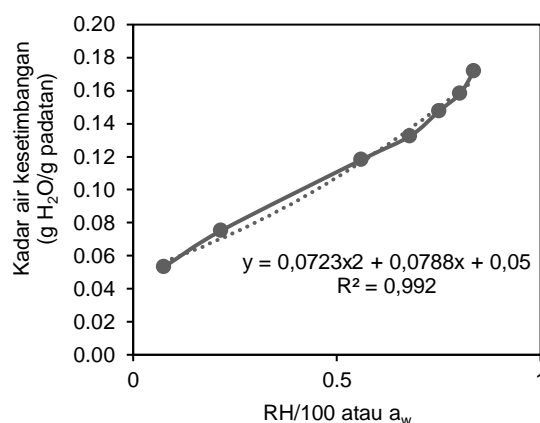
Tabel 1 menyajikan komposisi kimia beras analog dari tepung ubi jalar ungu. Kandungan utama beras analog ubi jalar ungu adalah karbohidrat. Kadar karbohidrat yang terukur bukan hanya berasal dari tepung ubi jalar, tetapi juga dari penambahan tepung jagung dan tepung sagu aren. Kontribusi terhadap energi total adalah sebesar 354 Kal/100 g yang berkontribusi pada 16,5% kebutuhan energi orang dewasa (2150 Kal/100g).

Beras analog ubi jalar ungu juga mengandung total fenol yang cukup tinggi, yaitu 75,0 mgEAG/100g (Tabel 2). Kadar total fenol beras analog ubi jalar ungu juga lebih rendah dibandingkan bentuk tepungnya. Adanya kandungan antosianin dan total fenol, yang merupakan komponen bioaktif, menunjukkan kemampuan antioksidatif (54,66%). Kemampuan kapasitas antioksidan ini berada pada rentang beras analog yang dibuat dari tepung ubi banggai (48.1-70.8%) (Amar *et al.* 2021).

### Kurva ISA

Gambar 2 menunjukkan kurva ISA dari beras analog sebagai plot hubungan antara RH/100 atau  $a_w$  (pada sumbu x) dengan kadar air kesetimbangan (Me) (pada sumbu y). Kurva ISA

membentuk pola sigmoid yang sesuai dengan model GAB ( $R^2= 0,992$ ). Berdasarkan nilai  $R^2$ , model GAB ini memberikan model kurva yang paling baik dibandingkan dengan model Handerson, Hasley dan BET (data tidak disajikan). Kurva ISA ini digunakan untuk menentukan nilai Me pada RH penyimpanan. Bagian linier kurva berada pada rentang RH yang melewati kadar air awal ( $M_0$ ) dan kadar kritis ( $M_c$ ), dan dipilih untuk menentukan nilai *slope* dari kurva (b).



Gambar 2 Model GAB kurva Isoterm sorpsi air (ISA) beras analog ubi jalar ungu

Tabel 1 Kandungan proksimat, energi dan warna tepung ubi jalar dan beras analog

Komposisi	Tepung Ubi Jalar	Beras Analog
Air (% , bb)	7,56±0,10	12,0±0,12
Abu (% , bb)	2,76±0,05	1,56±0,03
Protein (% , bb)	1,82±0,07	3,80±0,04
Lemak (% , bb)	0,37±0,05	1,57±0,08
Karbohidrat (% , bb)*	87,4±0,05	81,1±0,05
Gula (%)	14,5±0,15	9,67±0,10
Energi (Kal/100 g)	360±1,32	354±1,52
Energi dari lemak (Kal/100 g)	3,00±0,64	14±0,01
Warna (L)	53,13±0,02	36,7±0,05
Warna (a)	13,00±0,02	6,54±0,03
Warna (b)	8,38±0,03	3,05±0,02

\* by difference

Tabel 2 Kandungan total fenolik, antosianin dan kapasitas antioksidan tepung dan beras analog

Analisis	Tepung ubi jalar	Beras analog
Total fenol (mg EAG/100g)	204,36 ± 1,04	75,00 ± 0,58
Antosianin (mg/100g)	69,72 ± 0,02	19,28 ± 0,12
Kemampuan antioksidan (% inhibisi)	94,37 ± 0,04	54,66 ± 0,03

Tabel 3 Nilai parameter untuk perhitungan umur simpan dengan metode kadar air kritis

Parameter	Nilai
Kadar air awal sampel ( $M^o$ )	0,1364 g H <sub>2</sub> O/g padatan
Kadar air kritis sampel ( $M^c$ )	0,1691 g H <sub>2</sub> O/g padatan
Luas kemasan (A)	0,0653 m <sup>2</sup> (dimensi satu sisi 14,5 x 22,5 cm <sup>2</sup> )
Berat produk per kemasan (W)	663,9004 g padatan/kemasan
Nilai k/x	
<i>Low density polyethylene</i>	0,5010 g/m <sup>2</sup> /24 jam,mmHg
<i>Polypropylene</i>	0,2050 g/m <sup>2</sup> /24 jam,mmHg
<i>Metalic plastic</i>	0,0214 g/m <sup>2</sup> /24 jam,mmHg
Slope kurva ISA (b)*	0,1450
Kadar air kesetimbangan ( $M_e$ )*	
RH 75%	0,1498
RH 80%	0,1571
RH 85%	0,1643
Tekanan uap air	
27°C	26,7 mmHg
30°C	31,824 mmHg
32°C	35,7 mmHg

\*Ditentukan dari kurva ISA (Gambar 2)

Tabel 4 Umur simpan beras analog pada beberapa kondisi penyimpanan dan jenis kemasan

Kondisi Penyimpanan	LDPE	PP	<i>Metalized plastic</i>
27°C, RH 75%	2,9 bulan	7,2 bulan	68,6 bulan
27°C, RH 80%	2,1 bulan	5,2 bulan	50,2 bulan
27°C, RH 85%	1,7 bulan	4,1 bulan	39,7 bulan
30°C, RH 75%	2,5 bulan	6,0 bulan	57,5 bulan
30°C, RH 80%	1,8 bulan	4,4 bulan	42,1 bulan
30°C, RH 85%	1,4 bulan	3,5 bulan	33,3 bulan
32°C, RH 75%	2,2 bulan	5,4 bulan	51,3 bulan
32°C, RH 80%	1,6 bulan	3,9 bulan	37,6 bulan
32°C, RH 85%	1,3 bulan	3,1 bulan	29,7 bulan

### Penentuan Umur Simpan

Penentuan umur simpan dengan metode kadar air kritis didasarkan pada perubahan kadar air yang diakibatkan oleh penyerapan uap air oleh produk selama penyimpanan (Nicoli, 2012), yaitu ditentukan dari waktu yang diperlukan untuk terjadinya peningkatan kadar air dari kadar air awal ( $M_o$ ) ke kadar air kritis ( $M_c$ ). Laju migrasi uap air dari lingkungan ke produk ditentukan oleh permeabilitas kemasan uap air ( $k/x$ ), luasan kemasan (A), berat produk dalam kemasan ( $w$ ), kondisi penyimpanan (suhu dan kelembaban udara). Nilai dari masing-masing parameter tersebut disajikan pada Tabel 3. Kadar air awal ( $M_o$ ) dari beras analog adalah 0,1364 g H<sub>2</sub>O/g padatan, yang memberikan nilai  $a_w$  sebesar 0,25. Kadar air kritis ( $M_c$ ) sebagai batas akhir

penerimaan produk selama penyimpanan adalah 0,1691 g H<sub>2</sub>O/g padatan. Kadar air kesetimbangan diperoleh dari kurva ISA pada RH 75%, 80% dan 85%.

Hasil perhitungan dengan model persamaan (4) pada kondisi penyimpanan (suhu, RH) dan jenis kemasan yang digunakan disajikan pada Tabel 4. Umur simpan ditetapkan pada beberapa alternatif kondisi penyimpanan dan jenis kemasan yang digunakan, agar memudahkan untuk memilih umur simpan yang tepat sesuai dengan kebutuhan. Pada kondisi penyimpanan normal (30°C dan RH 75%) umur simpan produk yang dikemas dengan PP memiliki umur simpan selama 180 hari atau 6.0 bulan. Semakin rendah suhu penyimpanan dan RH, pada jenis kemasan yang sama, umur simpan semakin lama. Umur simpan

produk semakin panjang apabila digunakan kemasan dengan nilai  $k/x$  yang semakin kecil. Pada kondisi suhu dan RH yang sama, kemasan LDPE memberikan umur simpan yang terlalu pendek (2,5 bulan). Penggunaan kemasan *metalized plastic* memberikan prediksi umur simpan yang lama (57,5 bulan atau 4,8 tahun). Oleh karena itu, penggunaan kemasan PP direkomendasikan untuk dapat memberikan masa simpan produk yang sesuai kebutuhan. Apabila diperlukan lama penyimpanan produk lebih dari 6 bulan, maka dapat digunakan kemasan *metalized plastic*. Umur simpan beras analog ubi jalar ini relatif lebih panjang dibandingkan beras analog dari tepung jagung dengan menggunakan metode Arrhenius (Kusnandar *et al.* 2017). Umur simpan berdasarkan metode kadar air kritis ini belum mempertimbangkan perubahan kadar total fenol, kadar antosianin dan aktivitas antioksidan di akhir penyimpanan sebagaimana metode Arrhenius, karena metode kadar air kritis hanya didasarkan pada perubahan fisik dari sampel selama penyimpanan.

### KESIMPULAN

Beras analog yang dibuat dari campuran tepung ubi jalar ungu, tepung jagung, dan tepung sagu aren memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi sebagai komponen utama. Beras analog ini dapat berkontribusi terhadap kebutuhan energi (16,5% untuk orang dewasa). Beras analog mengandung total fenol, antosianin dan kapasitas antioksidan yang cukup tinggi, yang memberikan keunggulan fungsional. Beras analog yang dikemas dengan *polypropylene* memiliki umur selama 6 bulan pada suhu penyimpanan 30°C dan kelembaban relatif 75%. Dalam penelitian selanjutnya akan dievaluasi laju perubahan kandungan total fenol, antosianin dan kapasitas antioksidan sebagai dasar untuk menentukan umur simpan beras analog berdasarkan parameter kimia.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi melalui Program Kedaireka (*Matching Fund*) Tahun 2022 yang telah mendanai proses percepatan adopsi teknologi beras analog berbasis ubi jalar ungu.

### DAFTAR PUSTAKA

Amar, A.A. Kusnandar, F., Budijanto, S. 2021. Karakteristik Fisikokimia Tepung Ubi

Banggai dan Aplikasinya Dalam Beras Analog. *Jurnal Mutu Pangan* 8, 43-52.

Andika, A., Kusnandar, F., Budijanto, S. 2021. Karakteristik Fisikokimia dan Sensori Beras Analog Multigrain Berprotein Tinggi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 32, 60-71.

Anggarawati, N.K.A., Ekawati, I.G.A., Wiadnyani, A.A.I.S. 2019. Pengaruh Substitusi Tepung Ubi Jalar Ungu Termodifikasi (*Ipomoea Batatas* Var Ayamurasaki) terhadap Karakteristik Waffle. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 8, 160-170.

Anindita, T.H., Kusnandar, F., Budijanto, S. 2020. Sifat Fisikokimia dan Sensoris Beras Analog Jagung dengan Penambahan Tepung Kedelai. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 31, 28-36.

[AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 2005. Determination of Moisture, Ash, Protein and Fat. Official Method of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 18th Edition, AOAC, Washington DC.

Baba, S.A., Malik, S.A. 2015. Determination of Total Phenolic and Flavonoid Content, Antimicrobial and Antioxidant Activity of a Root Extract of *Arisaema jacquemontii*. *Journal of Taibah University Science* 9, 449-454.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1992a. SNI 01-2892-1992 Cara Uji Gula. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1992b. SNI 01-2891-1992 Cara Uji Makanan dan Minuman. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Budi, F.S., Hariyadi, P., Budijanto, S., Syah, D. 2017. Kristalinitas dan Kekerasan Beras Analog yang Dihasilkan dari Proses Ekstrusi Panas Tepung Jagung. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 22, 263-274.

Budijanto, S., Andri, Y.I., Faridah, D.N., Noviasari, S. 2013. Karakterisasi Kimia dan Efek Hipoglikemik Beras Analog Berbahan Dasar Jagung, Sorgum, dan Sagu Aren. *Agritech* 37, 402-409.

Firgianti, G., Sunyoto, M. 2018. Karakterisasi Fisik dan Kimia Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L) Varietas Biang untuk



- Mendukung Penyediaan Bahan Baku Tepung Ubi Jalar Ungu. Prodising Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS. Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 42 Tahun 2018 “Peran Keanekaragaman Hayati untuk Mendukung Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia” 2, 104-110.
- Guisti, M.M., Wrolstad, R.E. 2001. Anthocyanins: Characterization and Measurement of UV-Visible Spectroscopy. Dalam Worldstad RE (editor). Wrolstad’s Handbook of Food Analytical Chemistry, hal 19-31. Wiley-Interscience, New York.
- Husna, E., Novita, M., Rohaya, S. 2013. Kandungan Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Ubi Jalar Ungu Segar dan Produk Olahannya. *Agritech* 33, 296-302.
- Kilcast, D., Subramaniam, P. 2000. The Stability and Shelf-life of Foods. CRC Press.
- Kong, K.W., Chew, L.Y., Prasad, K.N., Lau, C.Y., Amin, I., Sun, J., Bahareh, S. 2011. Nutritional Constituents and Antioxidant Properties of Indigenous Kembayau (*Dacryodes Rostrata* (Blume) H.J. Lam) Fruits. *Food Research International* 44, 2332-2338.
- Kuppan, T. 2017. Heat Exchanger Design Handbook. Marcel-Dekker (CRC Press).
- Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., Fitria, M. 2010. Pendugaan Umur Simpan Produk Biskuit dengan Metode Akselerasi Berdasarkan Pendekatan Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 21, 117-122.
- Kusnandar, F., Khonza, M., Budijanto, S. 2017. Perubahan Mutu Beras Analog Jagung Selama Penyimpanan dan Penentuan Umur Simpannya dengan Metode Arrhenius. *Jurnal Mutu Pangan* 4, 51-58.
- Kusnandar, F., Hermeinasari, A., Adawiyah, D.R. 2016. Pendugaan Umur Simpan Bumbu Kuah Bakso Serbuk dengan Metode Akselerasi. *Jurnal Mutu Pangan* 3, 10-17.
- Kusnandar, F., Budijanto, S., Noviasari, S., Kurniasari, I., Anindita, T.H. 2020a. Formula Beras Analog Tinggi Protein. Paten Nomor IDP000072738.
- Kusnandar, F., Budijanto, S., Noviasari, S., Kurniasari, I., Anindita, T.H. 2020b. Proses Pengolahan Beras Analog Jagung Instan. Paten Nomor IDP000072745.
- Kusnandar, F., Kharisma, T., Yuliana, N.D., Safrida, Budijanto, S. 2022. The Hypocholesterolemic Effect of Analogue Rice with the Addition of Rice Bran. *Current Research in Nutrition and Food Science* 10, 183-194.
- Kurniasari I., Kusnandar, F., Budijanto, S. 2020. Karakteristik Fisik Beras Analog Instan Berbasis Tepung Jagung dengan Penambahan K-Karagenan dan Konjak. *Agritech* 40, 64-73.
- Kurniasari, F.A., Rahmi, Y., Devina, C.I.P., Aisy, N.R., Cempaka, A.R. 2021. Perbedaan Kadar Antosianin Ubi Ungu Segar dan Tepung Ubi Ungu Varietas Lokal dan Antin 3 pada Beberapa Alat Pengeringan. *Journal of Nutrition College* 10, 313-320.
- Mahmudatussa’adah, A., Fardiaz, D., Andarwulan, N., Kusnandar, F. 2014. Karakteristik Warna dan Aktivitas Antioksidan Antosianin Ubi Jalar Ungu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 25, 176-184.
- Nicoli, M.C. 2012. Shelf-Life Assessment of Food. Boca Raton. CRC Press.
- Noviasari, S., Kusnandar, F., Budijanto, S. 2013. Pengembangan Beras Analog dengan Memanfaatkan Jagung Putih. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 24, 194-200.
- Noviasari, S., Kusnandar, F., Setiyono, A., Budijanto, S. 2022. Antioxidant Activity and Inhibition of A-Amylase and A-Glucosidase in Fermented Black Rice Bran-Based Analog Rice. *AIMS Agriculture and Food* 7, 62-71.
- Pakpahan, N., Kusnandar, F., Syamsir, E., Maryati, S. 2020. Pendugaan Umur Simpan Kerupuk Mentah Tapioka dalam Kemasan Plastik Polypropylene dan Low Density Polyethylene Menggunakan Metode Kadar Air Kritis. *Jurnal Teknologi Pangan* 14, 52-62.
- Patras, A., Brunton, N.P., O'Donnell, C., Tiwari, B.K. 2010. Effect of Thermal Processing on Anthocyanin Stability in Foods; Mechanisms and Kinetics of Degradation. *Trends in Food Science and Technology* 21, 3-11.

- Putri, E.C.J., Sumardiono, S. 2020. Fiber Content of Analog Rice Production from Composite Flour: Cassava, Avocado Seeds, and Tofu Waste. *Journal of Physics: Conference Series* 1517: 012027.
- Rosidah. 2014. Potensi Ubi Jalar Sebagai Bahan Baku Industri Pangan. *Teknobuga* 1, 44-52.
- Safari, A., Ginting, S.D.R., Fadhlillah, M., Rachman, S.D., Anggraeni, N.I., Ishmayana, S. 2019. Ekstraksi dan Penentuan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas* L.). *Al-Kimiya* 6, 46-51.
- Shaliha, L.A.S., Abduh, S.B.M., Hintono, A. 2017. Aktivitas Antioksidan, Tekstur dan Kecerahan Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas*) yang Dikukus pada Berbagai Lama Waktu Pemanasan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 6, 141-144.
- Sianturi, J.F. 2021. Budidaya Tanaman Ubi Jalar dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan di Desa Banko Lestari Kabupaten Rokan Hilir. *Journal of Community Services Public Affairs* 1, 81-86.
- Sumardiono, S., Budiyo, B., Kusumayanti, H., Silvia, N., Luthfiani, V.F., Cahyono, H. 2021. Production and Physicochemical Characterization of Analog Rice Obtained from Sago Flour, Mung Bean Flour, and Corn Flour Using Hot Extrusion Technology. *Foods* 10, 1-15.
- Zhanga, K., Jia, X., Zhub, Z., Xue, W. 2020. Physicochemical Properties of Rice Analogs Based on Multi-Level: Influence of the Interaction of Extrusion Parameters. *International Journal of Food Properties* 23, 2033–2049.