



Pengembangan Nasi Sorgum Instan dengan Teknologi *Fluidized Bed Dryer* dan Penambahan Gliserol

[Development of Instant Sorghum Rice Using Fluidized Bed Dryer Technology and Glycerol Addition]

Bunga Ayu Purwaningrum¹⁾, Fahim Muchammad Taqi^{1)*}, Tjahja Muhandri^{1,2)}, dan Saraswati¹⁾

¹⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

²⁾ South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center, IPB University, Bogor, Indonesia

Received July 7th 2024 / Revised December 23rd 2024 / Accepted January 22nd 2025

ABSTRACT

Instant sorghum rice is produced through cooking, freezing, and drying processes, resulting in a porous structure that allows for easy rehydration. This research aimed at developing an alternative method for instantizing sorghum rice using a combination of fluidized bed dryer (FBD) technique and glycerol addition. The samples were evaluated, including physical characteristics, consumer acceptance, and nutritional value information of selected product. Sorghum seeds were polished for 30, 45, and 60 sec, and their whiteness degree was recorded. Subsequently, the seeds were washed, pre-cooked with the addition of glycerol (0, 2, and 4%), steamed, frozen, and finally dried. The cooked sorghum rice was frozen in a freezer for 24 h at -20 °C and dried with a fluidized bed dryer until a constant weight was achieved. The addition of glycerol did not affect panelist's acceptance for color, texture, taste, aroma and overall attributes (at significance level of 5%), and therefore, the treatment without glycerol was selected for further steps. The selected treatment exhibited the physical characteristics as follow: rehydration time (7.5 min), bulk density (0.41±0.03 g/mL), water absorption (41.92±0.50%), rehydration ratio (3.58±0.02) and volume expansion ratio (223.72±12.94), indicating that it meets the criteria for instant food. The nutritional value per 60 g serving size was as follows: total energy (240 kcal), protein 3 g (6% of Recommended Dietary Allowance (RDA)), total fat 0 g (0% RDA) and carbohydrate 56 g (17% RDA).

Keywords: *fluidized bed dryer, glycerol, instant sorghum rice, rehydration time*

ABSTRAK

Nasi sorgum instan diolah melalui proses pengukusan, pembekuan dan pengeringan, sehingga dihasilkan produk dengan struktur berpori yang mudah direhidrasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknik instanisasi alternatif untuk pengolahan nasi sorgum menggunakan kombinasi teknik pengeringan terfluidisasi (*fluidized bed dryer*) dan penambahan gliserol. Pengujian terhadap sampel nasi sorgum instant terpilih meliputi karakteristik fisik, penerimaan konsumen, dan informasi nilai gizi (ING). Pengolahan nasi sorgum instan dimulai dengan penyosohan biji sorgum selama 30, 45, dan 60 detik, kemudian dianalisis derajat putihnya. Selanjutnya biji sorgum dicuci, direbus dengan penambahan gliserol (0, 2, dan 4%), ditanak, dibekukan dan terakhir dikeringkan. Nasi sorgum yang telah dimasak kemudian dibekukan dalam freezer selama 24 jam pada suhu -20 °C dan dikeringkan dengan *fluidized bed dryer* (FBD) hingga mencapai bobot konstan. Penambahan gliserol ternyata tidak mempengaruhi penerimaan panelis terhadap atribut warna, tekstur, rasa, aroma dan *overall* produk (pada taraf signifikansi 5%), sehingga perlakuan tanpa gliserol dipilih untuk tahap selanjutnya. Nasi sorgum yang diolah menggunakan perlakuan terpilih memiliki karakteristik fisik sebagai berikut: waktu rehidrasi (7,5 menit), densitas kamba (0,41±0,03 g/mL), daya serap air (41,92±0,50%), rasio rehidrasi (3,58±0,02) dan rasio volume pengembangan (223,72±12,94) yang mengindikasikan bahwa perlakuan tersebut memenuhi kriteria pangan instan. Nilai gizi produk per takaran saji (60 g) adalah sebagai berikut: energi total (240 kkal), protein 3 g (6% dari Angka Kecukupan Gizi (AKG)), lemak total 0 g (0% AKG) dan karbohidrat 56 g (17% AKG).

Kata kunci: *fluidized bed dryer, gliserol, nasi sorgum instan, waktu rehidrasi*

*Penulis Korespondensi: E-mail: fahimtaqi@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Upaya diversifikasi pangan pokok yang dicanangkan pemerintah bertujuan agar masyarakat tidak bergantung pada satu makanan pokok saja, yaitu beras (Pitaloka *et al.*, 2021). Salah satu pangan pokok yang dapat dikembangkan adalah sorgum. Sorgum memiliki banyak keunggulan dibanding beras, di antaranya yaitu kandungan asam amino esensial (lisin, leusin, dan isoleusin) lebih tinggi, serta kandungan vitamin B kompleks yang lebih kaya, seperti tiamin, riboflavin, dan niasin (Suarni, 2016).

Proses pengolahan nasi sorgum membutuhkan waktu yang panjang, sehingga perlu diolah dengan teknologi instanisasi terlebih dahulu agar lebih mudah diterima oleh masyarakat. Nasi sorgum instan merupakan nasi sorgum kering yang dapat disiapkan secara cepat menjadi nasi sorgum siap santap, cukup hanya dengan melakukan proses rehidrasi menggunakan air mendidih. Secara definisi produk pangan instan adalah produk pangan yang memerlukan waktu penyiapan tidak lebih dari 5 menit (Sasmitaloka *et al.*, 2020); atau berkisar 5–7 menit (Widowati *et al.*, 2020). Waktu ini disebut dengan waktu rehidrasi, yaitu waktu yang diperlukan suatu bahan pangan untuk menyerap air secara merata ke seluruh bagian produk pangan (Srihari *et al.*, 2016).

Produk nasi instan telah banyak dikembangkan, hampir seluruhnya menggunakan *freeze dryer* untuk teknik instanisasinya (Banurea *et al.*, 2020; Nowak dan Jakubczyk, 2020; Eshtiaghi dan Natkhong, 2021), kendala untuk teknik ini adalah biaya pengolahan yang mahal. *Fluidized bed dryer* (FBD) merupakan teknik instanisasi alternatif yang dapat dikembangkan untuk pengolahan nasi sorgum instan, selain jauh lebih murah biaya operasionalnya, alat ini juga lebih sederhana cara kerjanya. Alat ini bekerja dengan prinsip penghambusan udara panas dengan kecepatan tinggi sehingga bahan yang dikeringkan akan bergerak dan berperilaku seperti fluida (Mali *et al.*, 2021).

Tekstur nasi yang cenderung disukai masyarakat Indonesia adalah pulen (*sticky*) (Souripet 2015; Setyowati dan Kurniawati 2015; Lestari dan Saidah 2023), sedangkan nasi sorgum umumnya pera. Gliserol merupakan *texture modifier* yang dapat ditambahkan pada proses pengolahan produk nasi sorgum instan untuk menghasilkan tekstur yang pulen. Damat *et al.* (2020) melaporkan penambahan 1% gliserol pada nasi beras analog menghasilkan tekstur yang pera. Penambahan gliserol pada konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan tekstur nasi beras analog menjadi cenderung lengket. Gliserol memiliki berat molekul yang rendah sehingga mampu menembus daerah *amorf* pati dan menghalangi agregasi rantai-rantai pati dengan menyediakan mobilitas molekul untuk bergerak dalam struktur polimer, dengan demikian tingkat kekerasan produk dapat

dikurangi (Oh *et al.*, 2020). Gliserol juga bertindak sebagai humektan, dengan berperan sebagai pengikat air dalam produk dan mengontrol keberadaan air bebas (A_w). Gugus hidroksil humektan membentuk ikatan hidrogen dengan air sehingga mampu menurunkan A_w (Nurhayati *et al.*, 2019). Berdasarkan Peraturan BPOM Nomor 24 Tahun 2023, batas maksimum penggunaan gliserol adalah cukup pada batas (CPB), diizinkan dalam jumlah secukupnya sesuai dengan efek yang diinginkan).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan alternatif teknik instanisasi nasi sorgum menggunakan kombinasi *fluidized bed dryer* (FBD) dengan penambahan gliserol, menentukan karakteristik fisik nasi sorgum instan, tingkat penerimaan konsumen, dan menyusun informasi nilai gizi (ING) dari produk terpilih.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan baku utama produk nasi sorgum instan adalah sorgum varietas Bioguma (*Sorghum bicolor* L. Moech) yang dibudidayakan oleh petani di wilayah Jombang, Jawa Timur. Varietas sorgum ini diperoleh melalui teknologi mutasi iradiasi sinar gamma dari induk varietas Numbu, dan telah melalui tahap mutasi, seleksi, dan uji multilokasi sehingga memiliki kualitas yang unggul (Hidayat, 2023). Biji sorgum memiliki bentuk bulat dengan diameter sekitar 0,40 cm, berwarna kecokelatan, dan rerata densitas biji sekitar 64%. Biji sorgum dapat dipanen mulai 80 hari setelah tanam (HST) (Nurhasanah *et al.*, 2023). Selain bahan utama terdapat bahan pendukung berupa air minum yang berasal dari instalasi air minum Fakultas Teknologi Pertanian IPB (pH 7,20, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Indonesia) dan gliserol *pharmaceutical grade* (PT. Buana Chem, Indonesia).

Penyosohan dan pengukuran derajat putih

Biji sorgum disortasi untuk membuang kotoran dan benda asing lainnya. Biji sorgum sebanyak 150 g disosoh dengan *abrasive polisher* dengan tiga perlakuan waktu (30, 45, dan 60 detik) dan dianalisis derajat putihnya menggunakan *whiteness meter*. Pengukuran derajat putih mengacu pada Subroto *et al.* (2019) dilakukan untuk dibandingkan dengan tingkat derajat putih produk umum (beras giling) yang dapat diterima konsumen (minimal 38%). Sebelum pengukuran, dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu menggunakan standar warna putih berupa kristal BaSO_4 dalam kotak kaca (Kett Instrument, Jepang) yang memiliki derajat putih sebesar 100% (110,8). Sampel sebanyak ± 50 g diletakkan di dalam cawan perak secara padat, penuh, dan merata. Sampel dan standar BaSO_4 dimasukkan ke dalam instrumen. Derajat putih ditunjukkan pada angka yang tertera

pada *screen*. Nilai derajat putih dapat ditentukan melalui Persamaan 1.

Derajat Putih (%) =

$$\frac{\text{Nilai derajat putih sampel}}{\text{Nilai derajat putih BaSO}_4} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Pengolahan nasi sorgum instan

Sorgum sosok dicuci tiga kali. Setiap kali pencucian air dibuang dan diganti dengan air bersih. Setelah itu diaron dengan api kecil dengan perbandingan air:sorgum (2:1 v/b) dan ditambah gliserol dengan tiga perlakuan (0, 2, dan 4%), hingga semua air terserap. Sorgum yang sudah diaron dikukus selama 60 menit. Nasi sorgum matang dikering-anginkan dengan kipas angin selama 10 menit dan dibekukan pada suhu -20 °C (Sasmitaloka *et al.*, 2020) selama 24 jam (Dundar dan Gocmen, 2013). Nasi sorgum beku dikeringkan dengan alat pengering *fluidized bed dryer* (FBD) yang merupakan hasil pengembangan sendiri. Alat ini berupa *bed* pengering berukuran 25x25x25 cm yang dilengkapi *blower axial* yang menghasilkan hembusan udara berkecepatan 2,0 m/s, serta *heater* berkekuatan 500 Watt. FBD dioperasikan pada kisaran suhu antara 40–42 °C (Gambar 1). Pengeringan dilakukan hingga tercapai bobot konstan, yang diketahui melalui penimbangan setiap 15 menit.

Pengukuran waktu rehidrasi

Sebanyak 25 g sampel dimasukkan dalam stoples kaca, ditambah air mendidih (94 °C) sebanyak 200 mL, kemudian ditutup rapat dan didiamkan selama 2,5; 5,0; dan 7,5 menit. Sampel ditiriskan dan dibelah tengah. Hilangnya spot putih menandakan waktu rehidrasi optimum sudah tercapai. Pengujian didasarkan metode Waluyo *et al.* (2020) dengan modifikasi jumlah sampel dan wadah yang digunakan.

Pengukuran densitas kamba

Densitas kamba menunjukkan perbandingan massa dengan volume sampel. Pengukuran densitas kamba mengacu pada Obeta *et al.* (2019) dengan modifikasi pada ukuran gelas ukur. Sampel ditempatkan ke dalam gelas ukur 200 mL, ditepatkan hingga tanda tera dan ditimbang. Nilai densitas kamba dihitung berdasarkan Persamaan 2.

$$Dk = \frac{Bs}{Vg} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: Dk= densitas kamba (g/mL), Bs= massa sampel (g), Vg= volume gelas ukur (mL)

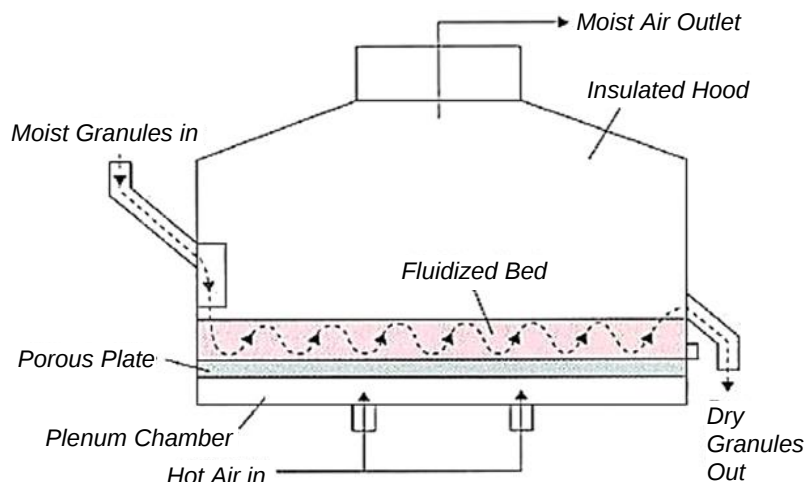
Pengukuran daya serap air

Daya serap air diperoleh melalui perbandingan antara volume air yang diserap pada proses rehidrasi dengan volume awal. Sebanyak 25 g sampel dimasukkan dalam stoples kaca, ditambah air mendidih (94 °C) sebanyak 200 mL. Sampel direhidrasi hingga mencapai waktu rehidrasi optimumnya, ditiriskan dan dihitung volume air yang diserap (modifikasi Widowati *et al.*, 2020). Volume air yang diserap dan nilai pengukuran daya serap air dihitung melalui Persamaan 3 dan 4.

$$V_r = V_0 - V_t \dots\dots\dots (3)$$

$$Dsa (\%) = \frac{V_r}{V_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: Dsa= daya serap air (%), V₀= volume air awal sebelum proses rehidrasi (mL), V_r= volume air yang diserap pada proses rehidrasi (mL), V_t= volume air yang tersisa setelah proses rehidrasi (mL)



Gambar 1. Komponen penyusun *fluidized bed dryer* (Sivakumar *et al.*, 2016)
Figure 1. Components of a *fluidized bed dryer* (Sivakumar *et al.*, 2016)

Pengukuran rasio rehidrasi

Rasio rehidrasi menunjukkan perbandingan massa sampel setelah dan sebelum direhidrasi. Pengukurannya mengacu pada Obeta *et al.* (2019) dengan modifikasi pada massa sampel yang diukur. Sebanyak 25 g sampel ditimbang dan direhidrasi sesuai waktu rehidrasi optimumnya, kemudian ditimbang kembali. Rasio rehidrasi dapat dihitung berdasarkan Persamaan 5.

$$Rr = \frac{B_t}{B_0} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: Rr= rasio rehidrasi, B_t= massa sampel setelah rehidrasi (g), B₀= massa sampel sebelum rehidrasi (g)

Pengukuran rasio volume pengembangan

Pengukuran dilakukan mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Obeta *et al.* (2019) dengan modifikasi pada massa sampel dan ukuran gelas ukur yang digunakan. Sebanyak 25 g sampel dimasukkan dalam gelas ukur 200 mL dan dihitung volumenya. Sampel direhidrasi sesuai waktu rehidrasi optimumnya, kemudian dilakukan pengukuran volume kembali, sehingga rasio volume pengembangan dapat dihitung sesuai dengan Persamaan 6.

$$Vp = \frac{V_t}{V_0} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan: Vp= rasio volume pengembangan, V_t= volume sampel akhir (mL), V₀= volume sampel awal (mL)

Uji organoleptik

Uji rating hedonik yang dilakukan mengacu pada Meilgaard *et al.* (2007), dengan tujuan mengetahui tingkat preferensi konsumen terhadap produk. Uji ini menggunakan 7 skala penilaian (1= sangat tidak suka, 7= sangat suka) melibatkan 79 panelis semi terlatih dengan rentang usia 20–30 tahun. Semua panelis merupakan mahasiswa IPB University, yang sebagian besar merupakan mahasiswa Ilmu dan Teknologi Pangan. Sebanyak 3 jenis sampel dari teknik pengolahan terpilih direhidrasi sesuai dengan waktu rehidrasi optimumnya, kemudian disajikan satu per satu secara acak. Setiap pergantian sampel dilakukan penetralan dengan air putih dan *crackers*. Penilaian dilakukan terhadap lima atribut mutu, yaitu warna, tekstur, rasa, aroma, serta *overall*.

Analisis proksimat produk terpilih

Analisis proksimat dimaksudkan untuk mengetahui kandungan zat gizi yang terdapat dalam produk

terpilih. Analisis proksimat berupa kadar air, protein, lemak, abu, dan karbohidrat. Mengacu pada AOAC (2012), analisis kadar air menggunakan metode oven, analisis kadar protein menggunakan metode Kjeldahl, analisis kadar lemak dengan metode Soxhlet, analisis kadar abu dengan metode pengabuan kering serta analisis karbohidrat dengan metode *by difference*. Hasil analisis digunakan untuk menyusun informasi nilai gizi (ING), dengan mengacu pada Peraturan BPOM Nomor 26 Tahun 2021 tentang Informasi Nilai Gizi pada Label Pangan Olahan.

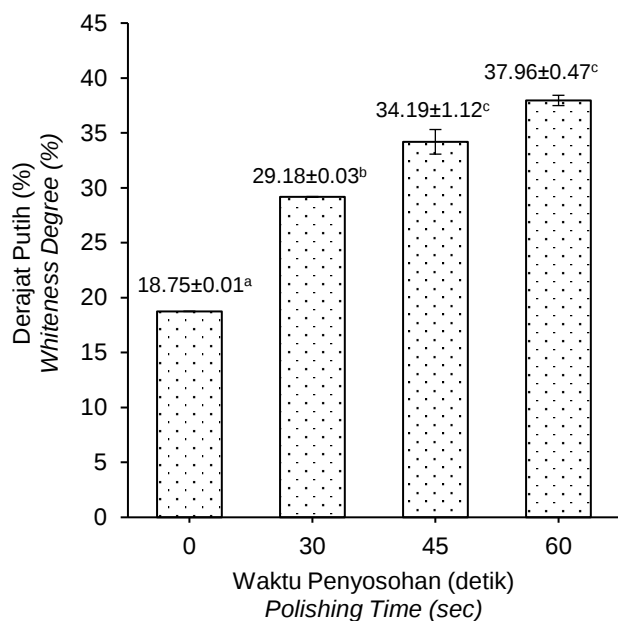
Analisis statistik

Rancangan dalam penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan faktor perlakuan berupa penambahan konsentrasi gliserol (0, 2, dan 4%) pada proses pembuatan nasi sorgum. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan *software Microsoft Excel 365* dan IBM Statistic SPSS versi 26. Uji statistik dilakukan dengan *analysis of variance* (ANOVA) dengan uji Duncan sebagai uji lanjut apabila data antarkelompok perlakuan berbeda nyata pada taraf signifikansi 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat putih biji sorgum sosoh

Derajat putih menjadi salah satu faktor penentu kualitas nasi dan indeks kualitas beras giling karena termasuk dalam parameter sensori yang mudah untuk diamati konsumen (Paul *et al.*, 2019; Mukaromah *et al.*, 2022). Gambar 2 menunjukkan hasil analisis statistik derajat putih biji sorgum dengan waktu penyosohan yang berbeda. Penyosohan 0, 30, 45, dan 60 detik menghasilkan derajat putih berturut-turut sebesar 18,75; 29,18; 34,19; dan 37,96%. Hasil ini sesuai dengan Kamsiati *et al.* (2018), nampak bahwa derajat putih memiliki hubungan linier positif dengan derajat sosoh, yaitu semakin tinggi derajat sosoh (lama waktu penyosohan) maka semakin tinggi pula derajat putih yang dihasilkan. Secara statistik penyosohan selama 45 detik tidak berbeda signifikan (α 0,05) dengan penyosohan selama 60 detik. Penyosohan selama 60 detik dipilih sebagai perlakuan terbaik karena menghasilkan biji sorgum dengan nilai derajat putih mendekati 38% dengan rendemen 78,80±0,19%. Park *et al.* (2012) melaporkan tingkat penerimaan konsumen terhadap beras giling berdasarkan derajat putihnya, hasil menunjukkan bahwa beras giling dengan derajat putih sebesar 38% memiliki penerimaan tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Derajat putih diukur menggunakan *whiteness meter* (Kett Instrument, Jepang). Waktu penyosohan selama 60 detik selanjutnya digunakan sebagai standar waktu penyosohan pada tahap penelitian berikutnya.



Keterangan: Subscript yang berbeda merepresentasikan perbedaan derajat putih yang nyata pada taraf signifikansi 5%

Note: Different subscripts represent significantly different of whiteness degree at the 5% significance level

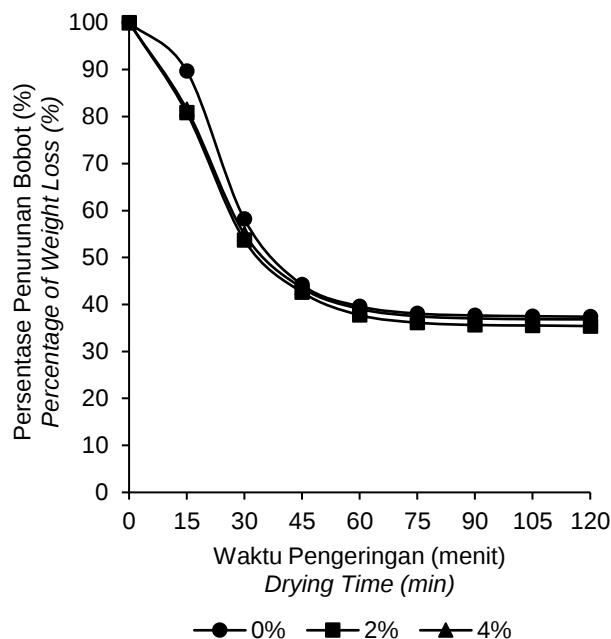
Gambar 2. Derajat putih biji sorgum sosoh

Figure 2. Whiteness degree of milled sorghum grain

Karakteristik pengeringan nasi sorgum instan

Karakteristik pengeringan nasi sorgum instan dengan penambahan gliserol 0, 2, dan 4% ditunjukkan pada Gambar 3. Ketiga sampel memiliki pola pengeringan yang sama dan mencapai bobot konstan pada waktu yang sama (120 menit). Penambahan gliserol tidak menampakkan pengaruh yang signifikan ($\alpha < 0,05$) terhadap laju pengeringan nasi sorgum instan. Pengujian ini sekaligus menunjukkan bahwa penggunaan FBD lebih efektif dan ekonomis dibandingkan dengan penggunaan *freeze dryer* yang membutuhkan waktu pengeringan 18 hingga 24 jam (Banurea *et al.*, 2020).

Laju pengeringan terjadi secara cepat dari menit ke-0 hingga menit ke-45, yang ditandai oleh kurva pengeringan yang menurun secara tajam dengan kemiringan sudut (*slope*) yang curam. Hal ini karena kadar air pada produk masih tinggi dan pori-pori bahan masih besar, sehingga difusi air dari dalam menuju ke permukaan bahan berlangsung secara cepat (Rozana *et al.*, 2016). Laju pengeringan dari menit ke-45 hingga menit ke-120 berlangsung secara lambat, yang ditandai dengan garis landai. Pada rentang waktu tersebut, kadar air dari dalam bahan sudah banyak teruapkan dan menyebabkan pori-pori bahan mengecil, sehingga laju difusi air menuju permukaan bahan semakin kecil, seperti yang diungkapkan oleh Rozana *et al.* (2016).



Gambar 3. Karakteristik laju pengeringan nasi sorgum instan

Figure 3. Drying rate characteristics of instant sorghum rice

Karakteristik fisik nasi sorgum instan

Karakteristik fisik nasi sorgum instan yang meliputi waktu rehidrasi, densitas kamba, daya serap air, rasio rehidrasi, dan rasio volume pengembangan disajikan dalam Tabel 1. Hasil pengujian waktu rehidrasi ditunjukkan pada Gambar 4. Hilangnya *spot* putih pada penampang melintang sampel sorgum instan merupakan tanda kesempurnaan proses rehidrasi. *Spot* putih masih banyak dijumpai pada proses rehidrasi yang dilakukan selama 2,5 menit, kondisi tersebut mulai berkurang pada proses rehidrasi selama 5 menit dan *spot* putih tidak terlihat lagi pada proses rehidrasi selama 7,5 menit. Hilangnya *spot* putih ini menjadi penanda bahwa rehidrasi telah mencapai titik optimal. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan Ramdayani dan Murtini (2022), yaitu waktu rehidrasi nasi sorgum instan berkisar antara 4,18 hingga 8,28 menit.

Densitas kamba menyatakan perbandingan massa dengan volume yang ditempatinya, termasuk ruang kosong di antara produk yang sedang diukur. Puspitojati (2015) menyatakan bahwa densitas kamba berbanding terbalik dengan porositas, semakin tinggi porositas suatu produk maka densitas kambanya semakin rendah. Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan gliserol tidak berpengaruh signifikan ($\alpha < 0,05$) terhadap densitas kamba produk, yang berkisar 0,40–0,41 g/mL. Nilai ini tergolong rendah dan sesuai dengan Banurea *et al.* (2020), yaitu nilai densitas kamba yang rendah mengindikasikan bahwa sifat porositas produk tinggi, sehingga mudah direhidrasi.

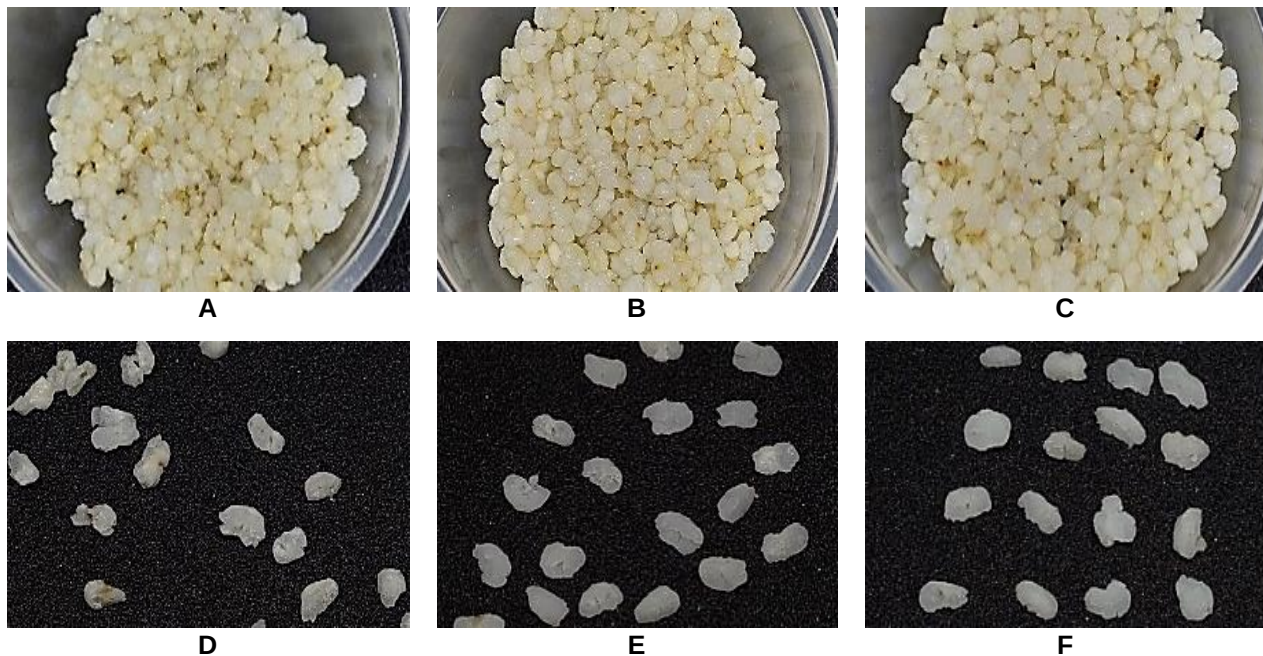
Tabel 1. Karakteristik fisik nasi sorgum instan teknik konvensional

Table 1. Characteristics of conventional technique instant sorghum rice

Karakteristik (Characteristics)	Konsentrasi Gliserol (%) (Glycerol Concentration (%))		
	0	2	4
Waktu rehidrasi (menit) (Rehydration time (minutes))	7.5 menit (min)		
Densitas kamba (g/mL) (Bulk density (g/mL))	0.41±0.03 ^a	0.40±0.04 ^a	0.41±0.02 ^a
Daya serap air (%) (Water absorption capacity (%))	41.92±0.50 ^a	38.91±3.31 ^a	39.60±6.51 ^a
Rasio rehidrasi (Rehydration time)	3.58±0.02 ^a	3.43±0.21 ^a	3.43±0.25 ^a
Rasio volume pengembangan (Expansion volume ratio)	223.72±12.94 ^a	209.17±18.75 ^a	217.13±14.66 ^a

Keterangan: Data diperoleh dari dua ulangan yang dinyatakan dengan rata-rata±standar deviasi (SD). Subscript yang berbeda merepresentasikan perbedaan karakteristik fisik yang nyata pada taraf signifikansi 5%

Note: Data were obtained from two replicates expressed as mean±standard deviation (SD). Different subscripts represent significantly different of physical characteristics at the 5% significance level



Keterangan: Penampakan atas nasi sorgum instan yang direhidrasi selama 2,5 menit (A), 5 menit (B), dan 7,5 menit (C); penampakan melintang nasi sorgum instan yang direhidrasi selama 2,5 menit (D), 5 menit (E), dan 7,5 menit (F)

Note: Appearance from above of an instant sorghum rice rehydrated for 2.5 min (A), 5 min (B), and 7.5 min (C); cross-sectional appearance of instant sorghum rice rehydrated for 2.5 min (D), 5 min (E), and 7.5 min (F)

Gambar 4. Rehidrasi nasi sorgum instan
Figure 4. Rehydrate instant sorghum rice

Daya serap air merupakan jumlah air yang dapat diserap oleh suatu bahan, yang dapat dihitung melalui jumlah air yang terserap ke dalam bahan dibagi dengan bobot kering bahan (Siddique *et al.*, 2020). Daya serap air yang tinggi mengindikasikan bahwa air semakin cepat dan semakin banyak terserap masuk ke dalam bahan (Edelstein, 2018). Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan gliserol tidak berpengaruh signifikan terhadap daya serap air produk, yang berkisar 38,91–41,92% dari volume air awal

yang digunakan untuk proses rehidrasi. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan Widowati *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa daya serap air produk nasi instan berkisar antara 36,90–45,15%.

Rasio rehidrasi menunjukkan kemampuan nasi instan untuk menyerap air kembali. Banurea *et al.*, (2020) menyatakan bahwa rasio rehidrasi dipengaruhi oleh sifat porositas produk instan, semakin tinggi porositasnya, akan mempermudah dan mempercepat rehidrasi (Puspitojati, 2015). Tabel 1 menunjuk-

kan bahwa penambahan gliserol tidak berpengaruh nyata terhadap rasio rehidrasi produk (pada taraf signifikansi 5%). Hal ini berkaitan dengan pengaruh gliserol terhadap densitas kamba produk. Produk yang memiliki nilai densitas kamba rendah cenderung lebih cepat untuk mencapai waktu rehidrasi optimal karena lebih banyak rongga dalam produk untuk penyerapan air. Berdasarkan hal tersebut, apabila gliserol tidak berpengaruh nyata terhadap densitas kamba, maka gliserol juga tidak berpengaruh nyata terhadap rasio rehidrasi produk pada taraf signifikansi 5% (Kurniasari *et al.*, 2020; Sasmitaloka *et al.*, 2019).

Rasio volume pengembangan menunjukkan penambahan volume pada produk oleh adanya pengikatan air oleh produk pada saat proses rehidrasi (Widowati *et al.*, 2020). Daya serap air yang semakin tinggi menyebabkan peningkatan rasio rehidrasi, sehingga rasio volume pengembangan yang dihasilkan juga tinggi. Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan gliserol tidak berpengaruh signifikan terhadap rasio volume pengembangan produk, yang berkisar 209,17–223,72 terhadap volume sampel awal. Secara umum, penambahan gliserol tidak berpengaruh pada karakteristik fisik nasi sorgum instan (taraf signifikansi 5%). Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sifat fisik nasi sorgum instan adalah perlakuan suhu dan waktu pembekuan. Menurut Ramdayani dan Murtini (2022), kombinasi suhu dan waktu pembekuan berpengaruh terhadap waktu rehidrasi, daya serap air dan densitas kamba produk pada taraf signifikansi 0,05.

Karakteristik sensori nasi sorgum instan

Warna termasuk dalam aspek penting yang dipertimbangkan konsumen dalam memilih produk pangan. Tabel 2 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada air untuk mengaron sorgum tidak berpengaruh signifikan (taraf signifikansi 5%) pada nilai kesukaan panelis terhadap warna, dengan nilai berkisar antara 4,65–4,91. Basiak *et al.* (2018) menyatakan bahwa kandungan gliserol tidak berpengaruh signifikan pada warna produk. Rata-rata nilai kesukaan panelis terhadap warna nasi sorgum berkisar pada tingkat agak suka. Tingkat kesukaan panelis terhadap warna dipengaruhi oleh nilai derajat putih masing-masing produk, yaitu produk yang memiliki derajat putih paling tinggi (37,96%) memiliki nilai kesukaan paling tinggi di antara produk lain. Hal ini sejalan dengan Park *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa mutu beras giling yang mulai dapat diterima konsumen adalah dengan nilai derajat putih sebesar 38%.

Tekstur merupakan salah satu atribut sensori dari produk pangan yang dapat dirasakan dengan indera perasa (lidah) dan peraba (kulit/tangan). Tekstur ditunjukkan dalam penampakan secara fisik dari makanan melalui bentuk, ukuran, dan densitas (Alemu, 2023). Tabel 2 menunjukkan bahwa

penambahan gliserol tidak berpengaruh signifikan (taraf signifikansi 5%) terhadap tekstur produk. Penambahan gliserol pada berbagai konsentrasi tidak meningkatkan kepulenan produk yang dihasilkan. Semua produk yang dihasilkan cenderung pera dengan skor tingkat kesukaan panelis berkisar antara 3,72–4,00, masuk dalam kategori netral. Kinerja gliserol sebagai *texture modifier* adalah menembus daerah amorf pati dan menghalangi agregasi rantai-rantai pati sehingga diharapkan mampu mengurangi tingkat kekerasan produk (Oh *et al.*, 2020). Akan tetapi, tekstur dipengaruhi oleh komponen amilosa dalam sorgum. Sorgum di Indonesia mengandung amilosa tinggi, yaitu sebesar 29–30% sehingga memiliki tekstur yang pera (Wardhani dan Wirnas, 2024). Penambahan gliserol tidak mampu mengubah komponen amilosa maupun amilopektin dalam biji sorgum, sehingga tekstur nasi sorgum instan yang dihasilkan tidak pulen.

Tabel 2. Tingkat penerimaan panelis terhadap nasi sorgum instan

Table 2. Level of panelists acceptance of instant sorghum rice

Karakteristik (Characteristics)	Perlakuan dengan Penambahan Gliserol (%) (Addition of Glycerol (%))		
	0	2	4
Warna (Color)	4.65±1.20 ^a	4.68±1.19 ^a	4.91±1.17 ^a
Tekstur (Texture)	4.00±1.52 ^a	3.72±1.30 ^a	3.77±1.47 ^a
Rasa (Taste)	4.33±1.27 ^a	4.41±1.21 ^a	4.73±1.21 ^a
Aroma (Aroma)	4.85±1.05 ^a	4.77±1.17 ^a	4.96±1.04 ^a
Keseluruhan (Overall)	4.48±1.20 ^a	4.47±1.08 ^a	4.70±1.19 ^a

Keterangan: Data diperoleh dari dua ulangan yang dinyatakan dengan rata-rata±standar deviasi (SD). *Subscript* yang berbeda merepresentasikan perbedaan atribut sensori yang nyata pada taraf signifikansi 5%

Note: Data were obtained from two replicates expressed as mean±standard deviation (SD). Different subscripts represent significantly different of sensory attributes at the 5% significance level

Penambahan gliserol tidak memberikan pengaruh signifikan (taraf signifikansi 5%) terhadap parameter rasa. Hasil analisis menunjukkan bahwa skor tingkat kesukaan panelis berada pada nilai 4,33; 4,41; dan 4,73, yang berarti bahwa tingkat kesukaan konsumen terhadap rasa nasi sorgum berkisar dari taraf netral hingga cenderung agak suka. Penambahan gliserol dalam produk nasi sorgum instan ditujukan sebagai *texture modifier* sehingga tidak berpengaruh terhadap rasa produk. Adapun yang memengaruhi rasa produk adalah komponen pati yang berupa amilosa dan amilopektin. Amilosa yang tinggi menjadikan produk memiliki rasa yang kuat

dengan tekstur pera, begitupun sebaliknya (Widowati *et al.*, 2020).

Aroma merupakan salah satu atribut penting dalam penerimaan sensori. Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan gliserol tidak berpengaruh signifikan (taraf signifikansi 5%) terhadap parameter aroma produk, dengan nilai berturut-turut 4,85; 4,77; dan 4,96. Hal ini karena gliserol tidak memiliki aroma yang khas, sehingga tidak memengaruhi aroma dari produk (Setyaningsih *et al.*, 2021). Berdasarkan kisaran nilai tersebut, dapat diartikan penilaian panelis terhadap aroma nasi sorgum instan adalah cenderung agak suka.

Penerimaan produk secara keseluruhan (*overall*) yang ditunjukkan pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa penambahan gliserol tidak berpengaruh signifikan (taraf signifikansi 5%) terhadap parameter *overall* produk. Nilai kesukaan konsumen terhadap produk, berturut-turut adalah 4,48; 4,47; dan 4,70, yang berarti bahwa untuk parameter *overall* nasi sorgum, rata-rata panelis cenderung netral hingga mendekati agak suka. Karena hasil uji penerimaan sensori ini menunjukkan bahwa penambahan gliserol tidak memberikan pengaruh yang signifikan (taraf signifikansi 5%), maka perlakuan yang dipilih adalah perlakuan tanpa penambahan gliserol.

Karakteristik kimia nasi sorgum instan terpilih

Karakteristik kimia dari nasi sorgum instan terpilih berupa kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat disajikan pada Tabel 3. Penelitian terdahulu pada produk nasi instan yang dilakukan oleh Sasmitaloka *et al.* (2019) diterapkan sebagai pembandingan. Kadar air yang diperoleh produk ini adalah $5,71 \pm 0,02$ (% bb), lebih rendah dibandingkan dengan literatur (6,33–7,58% bb). Perbedaan kadar air akhir produk dapat dipengaruhi oleh penggunaan pengering yang berbeda. Pengeringan dengan FBD mampu mencapai kadar air akhir yang lebih rendah dibandingkan dengan pengeringan dengan *cabinet dryer* yang dilakukan pada literatur. Hal ini karena pada pengeringan FBD terjadi kontak yang lebih intensif antara udara pengering dengan bahan, serta bahan mengalami fluidisasi, sehingga pengeringan mampu berjalan dengan baik dengan suhu yang lebih

rendah dan dalam waktu yang lebih singkat. Kadar abu produk nasi sorgum instan adalah $0,47 \pm 0,02$ (% bk), tidak jauh berbeda dengan literatur (0,26–0,70 % bk). Adanya selisih nilai yang diperoleh dapat disebabkan oleh perbedaan jenis bahan, cara pengabuan, waktu, dan suhu yang digunakan dalam pengeringan (Erni *et al.*, 2018). Nasi sorgum instan memiliki kadar lemak yang lebih tinggi ($0,55 \pm 0,35$ % bk) dibandingkan dengan literatur (0,31–0,47% bk). Hasil ini menunjukkan kesesuaian dengan A'yunin *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa kadar lemak pada biji sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan beras. Kadar protein yang diperoleh lebih rendah ($5,65 \pm 0,48$ % bk) dibandingkan dengan literatur (7,33–9,40% bk). Hal ini tidak sejalan dengan Rusydah *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa kandungan protein pada biji sorgum lebih tinggi dibandingkan dengan beras. Tanin dalam biji sorgum dapat mengikat protein, dengan membentuk kompleks tanin-protein. Hal ini juga berakibat pada menurunnya daya cerna protein di dalam tubuh (A'yunin *et al.*, 2022). Kadar karbohidrat yang terdapat dalam nasi sorgum instan lebih tinggi ($93,33 \pm 0,15$ % bk), dibandingkan dengan literatur (82,08–85,14% bk). Hal ini dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu, kadar lemak, dan kadar protein yang didapatkan, karena kandungan karbohidrat dihitung berdasarkan metode *by difference*.

Informasi nilai gizi (ING) produk nasi sorgum instan terpilih

Informasi nilai gizi (ING) berisi tentang kandungan gizi dalam suatu produk pangan yang disesuaikan dengan format baku yang ditetapkan oleh BPOM (BPOM, 2021). ING terdapat pada label kemasan produk pangan. Penyusunan ING (Gambar 5) mengacu pada Peraturan BPOM Nomor 26 Tahun 2021 tentang Informasi Nilai Gizi pada Label Pangan Olahan. Penyusunan informasi nilai gizi hanya dilakukan untuk nasi sorgum instan yang diolah menggunakan perlakuan tanpa penambahan gliserol. Hal ini dilakukan karena penambahan gliserol tidak berpengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik dan tingkat kesukaan konsumen terhadap produk nasi sorgum instan.

Tabel 3. Karakteristik kimia nasi sorgum instan terpilih
Table 3. Chemical characteristics of selected instant sorghum rice

Karakteristik (Characteristics)	Kandungan (Content)	Literatur (Nasi Instan)* (Literature (Instant Rice))*
Kadar air (% bb) (<i>moisture content (% wb)</i>)	5.71 ± 0.02	6.33–7.58
Kadar abu (% bk) (<i>ash content (% db)</i>)	0.47 ± 0.02	0.26–0.70
Kadar lemak (% bk) (<i>fat content (% db)</i>)	0.55 ± 0.35	0.31–0.47
Kadar protein (% bk) (<i>protein content (% db)</i>)	5.65 ± 0.48	7.33–9.40
Kadar karbohidrat (% bk) (<i>carbohydrate content % db</i>)	93.33 ± 0.15	82.08–85.14

Keterangan: *= Sasmitaloka *et al.* (2019). Data diperoleh dari dua ulangan yang dinyatakan dengan rata-rata±standar deviasi (SD)

Note: *= Sasmitaloka *et al.* (2019). Data were obtained from two replicates expressed as mean±standard deviation (SD)

INFORMASI NILAI GIZI NUTRITION FACT		
Takaran saji	: 60 g	
Serving size	: 60 g	
1 sajian per kemasan		
1 serving per package		
JUMLAH PER SAJIAN AMOUNT PER SERVING		
Energi total	240 kkal	
Total energy	240 kkal	
		%AKG* %RDA*
Lemak Total	0 g	0 %
Total Fat	0 g	0 %
Protein	3 g	6 %
Protein	3 g	6 %
Karbohidrat	56 g	17 %
Carbohydrate	56 g	17 %
*Persen AKG berdasarkan kebutuhan energi 2150 kkal. Kebutuhan energi anda mungkin lebih tinggi atau lebih rendah.		
*Percent RDA based on energy requirements of 2150 kcal. Your energy needs may be higher or lower.		

Gambar 5. Rancangan label ING pada kemasan nasi sorgum instan terpilih

Figure 5. Nutrition fact label design on packaging of selected instant sorghum rice

KESIMPULAN

Penyosohan 60 detik mampu menghasilkan tingkat derajat putih biji sorgum yang mendekati derajat putih minimal untuk diterima oleh masyarakat, yaitu 37,96%. Proses pengolahan yang diuji pada penelitian ini menghasilkan nasi sorgum instan yang memiliki karakteristik fisik sebagai berikut: waktu rehidrasi optimal (7,5 menit), densitas kamba (0,40–0,41 g/mL), daya serap air (38,91–41,92%), rasio rehidrasi (3,43–3,58), dan rasio volume pengembangan (209,17–223,72). Penambahan gliserol hingga taraf 4% di tahap pengaronan tidak berpengaruh signifikan baik terhadap karakteristik fisik maupun sensorik (warna, tekstur, rasa, aroma, dan overall) dari nasi sorgum instan yang dihasilkan. Dari uji penerimaan sensori (*rating* hedonik) terhadap 79 panelis semi terlatih didapatkan bahwa tingkat penerimaan konsumen terhadap nasi sorgum instan berada pada kisaran netral hingga cenderung agak suka. Hal ini berarti bahwa produk memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Satu porsi saji nasi sorgum instan (60 g) mengandung energi total (240 kkal), protein 3 g (6% AKG), lemak total 0 g (0% AKG), dan karbohidrat 56 g (17% AKG).

DAFTAR PUSTAKA

- A'yunin, N. A. Q., Atmadja, T. F. A. G., & Aini, N., Haryanti, P. (2022). Characterisation of polishing frequency for three varieties of sorghum grain in Java, Indonesia. *International Journal of Food Science*, 2022(1), 2949665. <https://doi.org/10.1155/2022/2949665>
- Alemu, T. (2023). Texture profile and design of food product. *Journal of Agriculture and Horticulture Research*, 6(2), 272–281. <https://doi.org/10.33140/JAHR.06.02.03>
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2012). Official Method of Analytical of the Association of Official Analytical Chemist. Washington DC (US): AOAC International.
- Banurea, I. R., Sasmitaloka, K. S., Sukasih, E., & Widowati, S. (2020). Karakterisasi nasi instan yang diproduksi dengan metode freeze drying. *Journal of Agro-based Industry*, 37(2), 133–143. <https://doi.org/10.32765/wartaihp.v37i2.5998>
- Basiak, E., Lenart, A., & Debeaufort, F. (2018). How glycerol and water content affect the structural and functional properties of starch-based edible films. *Polymers*, 10(4), 412. <https://doi.org/10.3390/polym10040412>
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2021). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 26 Tahun 2021 tentang Informasi Nilai Gizi pada Label Pangan Olahan. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2023). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 24 tahun 2023 tentang Persyaratan Keamanan dan Mutu Suplemen Kesehatan. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- Damat, D., Natazza, R. A., & Wahyudi, V. A. (2020). Kajian pembuatan beras analog berbasis tepung komposit dengan penambahan konsentrasi bubur rumput laut (*Glacilaria sp.*) dan gliserol monostearat. *Food Technology and Halal Science Journal*, 3(2), 174–187. <https://doi.org/10.22219/ftsh.v3i2.13218>
- Dundar, A. N., & Gocmen, D. (2013). Effects of autoclaving temperature and storing time on resistant starch formation and its functional and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 97(2), 764–771. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.04.083>
- Edelstein, S. (2018). *Food Science*. United States (US): Jones & Bartlett Learning.
- Erni, N., Kadirman, K., & Fadilah, R. (2018). Pengaruh suhu dan waktu pengeringan terhadap sifat kimia dan organoleptik tepung

- umbi talas (*Colocasia esculenta*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 4(1), 95–105. <https://doi.org/10.26858/jptp.v1i1.6223>
- Eshtiaghi, M. N., & Nakthong, N. (2021). Application of supercritical carbon dioxide for production of instant rice. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 9(4), 296–303.
- Hidayat, T. F. (2023). Karakteristik nutrient dan pencernaan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) galur mutan Gh2 tipe brown midrib Bmr [skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Kamsiati, E., Dharmawati, E., & Haryadi, Y. (2018). Karakteristik fisika dan kimia beras indigenous dari lahan pasang surut di Kalimantan Tengah. *Jurnal Pangan*, 27(2), 107–116. <https://doi.org/10.33964/jp.v27i2.366>
- Kurniasari, I., Kusnandar, F., & Budijanto, S. (2020). Karakteristik fisik beras analog instan berbasis tepung jagung dengan penambahan k-karagenan dan konjak. *Agritech* 40(1), 64–73. <https://doi.org/10.22146/agritech.47491>
- Lestari, A. P., & Saidah, Z. (2023). Analisis preferensi konsumen terhadap atribut beras di Kecamatan Cibeunying Kidul, Kota Bandung. *Jurnal Agrikultura*, 34(1), 28–36. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v34i1.40305>
- Mali, A. H., Nikam, A. R., & Shaikh, A. Z. (2021). A short review on fluidized bed dryer. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*, 11(2), 104–105. <https://doi.org/10.52711/2231-5691.2021.00020>
- Meilgaard, M., Civille, C. V., & Carr, B. T. (2007). *Sensory evaluation techniques: Fourth edition*. Florida (US): CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16452>
- Mukaromah, S. A., Haryanto, A., Suharyatun, S., & Tamrin, T. (2022). Pengaruh kadar air gabah terhadap kinerja penggilingan padi. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 1(1), 81–94.
- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The freeze-drying of foods - The characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>
- Nurhasanah, A., Hermawan, W., Mandang, T., Unadi, A., Budiastuti, M. T. J., Susanto, H., Samudiantono, A., Hidayat, M., Suparlan, S., Amalia, A. F., Widodo, T. W., Budiharti, U., Nitamiwati, N. P. D., & Adji, P. (2023). Penentuan parameter desain mesin perontok sorgum berdasarkan karakteristik fisik dan mekanik tanaman sorgum. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 11(1), 76–87. <https://doi.org/10.19028/jtep.011.1.76-87>
- Nurhayati, R., Herawati, E. R. N., Putri, A. S., & Adyana, G. P. (2019). The addition of sorbitol and glycerol to improve the physicochemical and sensory characteristics of chocolate dodol. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 633(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/633/1/012004>
- Obeta, N. A., Ukom, A. N., & Ossai, O. I. (2019). Production and quality evaluation of instant rice from three local rice varieties in Ebonyi State. *Asian Journal of Applied Sciences*, 12(2), 52–60. <https://doi.org/10.3923/ajaps.2019.52.60>
- Oh, S. M., Choi, H. D., Choi, H. W., & Baik, M. Y. (2020). Starch retrogradation in rice cake: Influences of sucrose stearate and glycerol. *Foods*, 9(12), 1737. <https://doi.org/10.3390/foods9121737>
- Ramdayani, H., & Murtini, E. S. (2022). Pengaruh suhu dan lama pembekuan terhadap kualitas nasi sorgum instan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 61–72. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2022.023.01.6>
- Rozana, R., Hasbullah, R., & Muhandri, T. (2016). Respon suhu pada laju pengeringan dan mutu manisan mangga kering (*Mangifera indica* L.). *Jurnal Keteknik Pertanian*, 4(1), 59–66. <https://doi.org/10.19028/jtep.04.1.59-66>
- Rusydah, A. S., Noerhartati, E., Rahayuningsih, T. (2022). Sorghum (*Sorghum bicolor*) entrepreneurship products: chemical quality analysis. *IJEED International Journal of Entrepreneurship and Business Development*, 5(5), 987–991. <https://doi.org/10.29138/ijeed.v5i5.1996>
- Park, C. E., Kim, Y. S., Park, K. J., & Kim, B. K. (2012). Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 48, 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.005>
- Paul, H., Nath, B. C., Bhuiyan, M. G. K., Paul, S., Islam, S., Huda, M. D., & Shozib, H. B. (2019). Effect of degree of milling on rice grain quality. *Journal of Agricultural Engineering*, 42(4), 69–76.
- Pitaloka, M. D. A., Sudarya, A., & Saptono, E. (2021). Manajemen ketahanan pangan melalui program diversifikasi pangan di Sumatera Utara dalam rangka mendukung pertahanan negara. *Manajemen Pertahanan: Jurnal Pemikiran dan Penelitian Manajemen Pertahanan*, 7(2), 58–83.

- Puspitojati, E. (2015). Optimasi substitusi bekatul pada pembuatan nasi jagung instan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 22(2), 85–94.
- Sasmitaloka, K. S., Banurea, I. R., & Widowati, S. (2019). Kajian produksi nasi kuning instan dan karakterisasinya. *Jurnal Agroindustri Halal*, 5(2), 188–195. <https://doi.org/10.30997/jah.v5i2.1936>
- Sasmitaloka, K. S., Widowati, S., & Sukasih, E. (2020). Karakterisasi sifat fisikokimia, sensori, dan fungsional nasi instan dari beras amilosa rendah. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n1.2020.1-14>
- Setyaningsih, D., Suraya, J., & Salsabila, S. (2021). Pengaruh penambahan mono-asilgliserol (mag) sebagai emulsifier produk bakery. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(2), 198–210. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.2.198>
- Setyowati, I., & Kurniawati, S. (2015). Preferensi masyarakat terhadap karakter nasi varietas unggul baru padi: kasus di Kecamatan Cibadak, Kabupaten Lebak, Banten. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(4), 889–893. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010441>
- Siddique, R., Kunal, & Mehta, A. (2020). Utilization of industrial by-product and natural nashes in mortar and concrete development of sustainable construction materials. *Nonconventional and Vernacular Construction Materials*, 11, 247–303. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102704-2.00011-1>
- Sivakumar, R., Saravanan, R., Perumal, A. E., & Iniyan, S. (2016). Fluidized bed drying of some agro products—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 280–301. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.014>
- Souripet, A. (2015). Komposisi, sifat fisik dan tingkat kesukaan nasi ungu. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 4(1), 25–32. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2015.4.1.25>
- Srihari, E., Lingganingrum, F. S., Alvina, I., & Anastasia, S. (2016). Rekayasa beras analog berbahan dasar campuran tepung talas, tepung maizena dan ubi jalar. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(1), 14–19.
- Suarni, S. (2016). Peranan sifat fisikokimia sorgum dalam diversifikasi pangan dan industri serta prospek pengembangannya. *Jurnal Litbang Pertanian*, 35(3), 99–110. <https://doi.org/10.21082/jp3.v35n3.2016.p99-110>
- Subroto, E., Cahyana, Y., Indarto, R., & Wulandari, E., & Pinekesti, A. (2019). Improvement of whiteness degree and functional properties of the fermented awachy 5 sweet potato flour using calcium hypochlorite. *International Journal of Innovative Technology Exploring Engineering (IJITEE)*, 8(9), 391–395. <https://doi.org/10.35940/ijitee.H7233.078919>
- Waluyo, J., Prasetyaningsih, Y., Ariyani, F. T., & Sari, I. M. (2020). Pengaruh perendaman asam nitrat pada pemrosesan nasi instan untuk menurunkan indeks glikemik. *Equilibrium*, 4(1), 23–28. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v4i1.43225>
- Wardhani, A. P. K., & Wirnas, D. (2024). Keragaman genetik karakter agronomi dan amilosa populasi sorgum F3 hasil pulut 3 x soraya 3. *Buletin Agrohorti*, 12(1), 52–59. <https://doi.org/10.29244/agrob.v12i1.53055>
- Widowati, S., Sasmitaloka, K. S., & Banurea, I. R. (2020). Karakteristik fisikokimia dan fungsional nasi instan. *Jurnal Pangan*, 29(2), 87–104. <https://doi.org/10.33964/jp.v29i2.459>