

RESEARCH STUDY

Indonesian Version

OPEN ACCESS

Analisis Proksimat dan Karakteristik Fisik Beras Analog Berbasis Tepung Sukun dengan Penambahan Ikan Teri Nasi

Proximate Analysis and Physical Characteristics of Analogue Rice Based on Breadfruit Flour and Anchovy

Veronica Ima Pujiastuti^{1*}, Maria Amrijati Lubijarsih¹, Dita Hanna Febriani²¹Program Studi Sarjana Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Panti Rapih Yogyakarta, Indonesia²Program Studi Diploma Tiga Keperawatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Panti Rapih Yogyakarta, Indonesia**INFO ARTIKEL**

Received: 15-09-2024

Accepted: 20-01-2025

Published online: 20-06-2025

***Koresponden:**

Veronica Ima Pujiastuti

veronica_ima@stikespantirapih.ac.id

DOI:

10.20473/amnt.v9i2.2025.225-236

Tersedia secara online:<https://e-journal.unair.ac.id/AMNT>**Kata Kunci:**

Sukun, Karbohidrat, Tepung, Indeks Glikemik, Beras

ABSTRAK

Latar Belakang: Beras merupakan makanan pokok orang Indonesia, oleh karena itu banyak dikembangkan produk beras analog bernilai gizi tinggi dan lengkap. Penelitian ini menggunakan tepung komposit berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi sebagai upaya alternatif untuk meningkatkan kandungan gizi dalam formula beras analog.

Tujuan: Mengetahui karakteristik kimia dan fisik formula beras analog berbasis tepung sukun dan ikan teri nasi.

Metode: Penelitian experimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu penambahan ikan teri nasi dengan empat perlakuan (0%; 2,5%; 5%; 7,5%), dan tiga ulangan. Uji kimia difokuskan pada analisis proksimat yang terdiri dari kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat. Uji fisik meliputi densitas kamba, waktu tanak, daya ikat air, berat 1000 butir, dan tingkat kekerasan. Analisis data menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA), dan uji *Post Hoc Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

Hasil: Penambahan ikan teri nasi meningkatkan kadar abu, dan protein, menurunkan lemak dan tidak berpengaruh terhadap karbohidrat dan energi secara signifikan dibandingkan kontrol. Beras analog mengandung kadar protein sebesar 4,94-8,41%. Kadar air memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) maksimal 14%. Penambahan ikan teri nasi dalam formula beras analog menurunkan daya ikat air dan meningkatkan densitas kamba, namun tidak berpengaruh terhadap waktu tanak, berat 1000 butir, dan tingkat kekerasan. Waktu tanak beras analog berkisar 15-16 menit, dan berat 1000 butir berkisar 16,33-17,57 g.

Kesimpulan: Penambahan ikan teri nasi dalam formula beras analog menghasilkan protein yang lebih tinggi, lemak dan karbohidrat yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Kadar air beras analog memenuhi syarat SNI.

PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia masih sangat tergantung dengan beras giling (nasi putih) sebagai makanan pokok atau sumber karbohidrat utama, serta memiliki indeks glikemik tinggi¹. Data Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) mencatat 100 g beras mengandung energi 369 kkal, karbohidrat 77,1%, protein 9,5%, dan serat pangan (0,4 %)². Kandungan gizi beras masih minim serat pangan, protein, vitamin, mineral^{3,4} dan memiliki indeks glikemik yang tinggi (IG>70) sebesar 79,6^{1,5-8}. Proporsi konsumsi makanan sumber karbohidrat jauh lebih tinggi dibandingkan protein, lemak, dan zat gizi mikro⁹. Volume konsumsi beras mengalami peningkatan sebesar 1,1% per tahun¹⁰ dan menempati tiga besar makanan yang sering dikonsumsi¹¹, hal ini berdampak pada peningkatan kejadian penyakit degeneratif salah satunya DM tipe 2. DM tipe 2 ditandai dengan kondisi hiperglikemia kronis dimana glukosa darah lebih dari 300 mg/dl, dan tidak terkontrol. Prevalensi DM secara nasional tercatat 8,5%

pada tahun 2018¹², dan meningkat menjadi 10,6% pada tahun 2021¹³. Pola konsumsi masyarakat Indonesia tergolong rendah dari segi kualitas dan kuantitas keragaman, proporsi, dan tingkat kecukupan pemenuhan zat gizi. Proporsi konsumsi makanan sumber karbohidrat jauh lebih tinggi dibandingkan protein, lemak, dan zat gizi mikro⁹. Konsumsi makanan rendah indeks glikemik yang memberikan dampak positif dalam mengendalikan glukosa darah, mencegah resistensi insulin dan hiperglikemia^{14,15}. Bentuk upaya dilakukan dengan mengembangkan beras analog berbasis tepung sukun dan penambahan ikan teri nasi sebagai pangan alternatif bernilai gizi tinggi, berindeks glikemik rendah-sedang dan tinggi zat gizi mineral. Pengembangan produk ini merupakan hasil rekayasa produk pangan lokal non padi (*Oryza Sativa*)¹⁶.

Berbagai rekayasa beras analog dikembangkan dengan tujuan meningkatkan nilai gizi, sifat fungsional, dan memberikan alternatif produk pangan rendah indeks

glikemik dari sumber pangan lokal yang berasal dari komposit beberapa jenis sereal non beras, dan umbi-umbian¹⁷⁻¹⁹. Pemanfaatan buah sukun (*Artocarpus Altilis*) menjadi alternatif makanan pokok dapat meningkatkan diversifikasi pangan dan ketahanan pangan nasional, serta sumber karbohidrat potensial yang dapat dikembangkan menjadi berbagai macam produk olahan pangan fungsional, salah satunya menjadi beras analog^{20,21}. Nilai indeks glikemik buah sukun rendah hingga sedang berkisar antara 23-60, kandungan serat pangan dan amilosa yang tinggi mampu menurunkan penyerapan glukosa darah, dan mempunyai sifat fungsional yaitu mampu menghambat enzim *alpha glukosidase* yang bermanfaat untuk mencegah kenaikan glukosa darah^{7,8,21,22}. Sumber karbohidrat dalam buah sukun memiliki kandungan pati resisten, kadar amilosa, serat pangan yang tinggi dan berpotensi dikembangkan menjadi produk pangan rendah indeks glikemik⁸. Namun, berdasarkan penelitian Santosa, dkk karakteristik kenampakan beras analog sukun masih menghasilkan warna coklat kusam dan rasa pahit, hasil ini berpengaruh terhadap daya terima beras analog. Penggunaan bahan komposit dalam formula beras analog sangat diperlukan²⁰. Ubi jalar sebagai salah satu sumber bahan lokal yang mudah didapatkan, dan terjangkau. Kadar amilosa ubi jalar yaitu 8,5-3,85%, secara karakteristik fisik, pati dari ubi jalar mempunyai sifat yang baik antara lain gelatinasi, retrogradasi, daya cerna, rasio amilosa dan amilopektin, serta tingkat kristalinitas²³.

Penambahan ikan teri nasi nasi (*Stolephorus Commersonii*) dalam formulasi beras analog dapat memperkaya kandungan gizi. Ikan teri nasi memiliki protein yang menstimulasi dan meningkatkan sensitivitas hormon insulin²⁴. Protein ikan lebih efektif untuk mencegah resistensi insulin, dan beberapa kandungan mineral bersifat sebagai antioksidan untuk mencegah kerusakan oksidatif tubuh, meningkatkan sensitivitas insulin, dan berperan sebagai koenzim dalam pengaturan metabolisme energi²⁵. Penambahan pewarna alami *angkak* (*Monascus Purpureus*) diperlukan untuk memperbaiki kenampakan pada beras analog tepung sukun dan ikan teri nasi. Pewarna alami *angkak* mudah diterima karena warna merah menyerupai beras merah yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat. *Angkak* memiliki senyawa lovastatin dan mevinolin yang berperan sebagai antioksidan, dan antidiabetik^{26,27}. Kandungan gizi yang digunakan dalam formula komposit beras analog diharapkan dapat bersinergi untuk perbaikan metabolisme glukosa. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kandungan gizi dan karakteristik fisik beras analog berbahan dasar tepung komposit tepung sukun, dan tepung ubi jalar putih dengan penambahan ikan teri nasi.

METODE

Desain, Waktu, dan Tempat

Desain penelitian experimental (*true experimental laboratory*) RAL satu faktor empat (4) perlakuan yaitu penambahan ikan teri nasi nasi (0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%) dengan tiga (3) kali ulangan. Formulasi beras analog dengan perlakuan penambahan tepung ikan teri nasi nasi merupakan modifikasi berdasarkan penelitian Anggraeni, N., dkk pada tahun 2016 tentang pemanfaatan nanokalsium tulang ikan nila²⁸. Pelaksanaan penelitian pada bulan Juli sampai dengan Agustus 2024. Proses uji coba formulasi, uji fisik (densitas kamba, waktu tanak, berat 1000 butir), dan proses pengeringan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pangan dan Laboratorium Analisis Kimia Pangan dan Gizi, STIKes Panti Rapih Yogyakarta. Pembuatan dan pencetakan beras analog dilakukan di UKM Putri 21 Playen, Gunung Kidul Yogyakarta. Pengujian proksimat (kadar air, abu, protein, lemak, perhitungan karbohidrat, dan energi) dilakukan di Laboratorium Kimia Pusat Studi Pangan dan Gizi (PSPG) Universitas Gadjah Mada (UGM). Pengujian fisik daya ikat air atau *Water Holding Capacity* (WHC) dan tingkat kekerasan dilakukan di *Public Service* Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Uji Etik dilakukan di KEPK Universitas Respati Yogyakarta dan telah mendapatkan rekomendasi etik (*ethical clearance*) dengan nomor 100.3./FIKES/PL/VII/2024 pada tanggal 25 Juli 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pembuatan beras analog (Gambar 1) yaitu wadah plastik, timbangan digital, pengaduk plastik, miller, panci pengukus, mesin pencetak beras analog (*twin screw extruder*), *tray dryer* dan *cabinet dryer*. Bahan utama pembuatan beras analog (Gambar 2) terdiri dari tepung sukun dan ubi jalar putih dengan spesifikasi berwarna putih, berbentuk serbuk halus, beraroma khas sukun dan ubi jalar. Tepung sukun diperoleh dari toko Iels Organic Sleman Yogyakarta, dan tepung ubi jalar putih berasal dari toko Hasil Bumiku, Sleman Yogyakarta, ikan teri nasi yang digunakan adalah ikan teri nasi kering, dan tawar yang berasal dari toko Mirota Kampus Yogyakarta. Bahan tambahan antara lain *Gliseralehid Monostearat* (GMS) merek Riken DMG (Rikevita Malaysia) berbentuk butiran putih kasar, tidak berbau, tidak berasa, kualifikasi *food grade* diperoleh dari toko Asian Farma Semarang. *Angkak* berupa serbuk halus, berwarna merah diperoleh secara *online* dari toko Batavia Herbal, Jakarta. Bahan lain berupa tepung maizena (MAMASUKA, PT Daesang Agung Indonesia), minyak kelapa merek (BARCO, PT Barco Indonesia), air mineral (VIT, PT Tirta Investama), dan beras merah merek Superindo (PT Lion Super Indo) sebagai beras pembanding. Seluruh bahan pembantu diperoleh dari swalayan Superindo, Magelang. Semua reagen kimia yang digunakan untuk pengujian menggunakan spesifikasi *pro analysis* (*Pro Analyst Grade* Merck, Darmstadt, Germany).



Gambar 1. Alat Pembuatan Beras Analog Berbasis Tepung Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Penambahan Ikan Teri Nasi (*Stolephorus Commersonii*)



Gambar 2. Bahan Pembuatan Beras Analog Berbasis Berbasis Tepung Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Penambahan Ikan Teri Nasi (*Stolephorus Commersonii*)

Pembuatan Beras Analog

Ikan teri nasi kering dihaluskan terlebih dahulu dengan menggunakan *miller* hingga berbentuk tepung. Semua bahan ditimbang dalam jumlah yang sama, kecuali ikan teri nasi. Penimbangan beras analog mengacu pada formulasi dalam Tabel 1. Bahan kering yang telah dicampur kemudian ditambahkan dengan minyak kelapa,

dan air mineral agar bahan terhidrasi. Adonan kemudian dikukus selama kurang lebih 30 menit, kemudian dicetak kedalam mesin pencetak beras (*twin screw extruder*). Setelah berbentuk bulir atau menyerupai beras selanjutnya dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* dengan suhu 80°C selama 8 jam. Proses pembuatan beras analog dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Formula Bahan Pembuatan Beras Analog Berbasis Tepung Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Penambahan Ikan Teri Nasi (*Stolephorus Commersonii*)

Bahan	Perlakuan			
	BAK	BA1	BA2	BA3
Tepung Sukun (g)	300	300	300	300
Tepung Ubi Jalar Putih (g)	300	300	300	300
Ikan Teri Nasi (g)	-	15	30	45
Maizena (g)	60	60	60	60
Angkak (g)	24	24	24	24
Minyak Kelapa (ml)	1	1	1	1
Air Mineral (ml)	360	360	360	360
GMS (g)	7,2	7,2	7,2	7,2

g: gram, BAK: beras analog kontrol berbasis tepung sukun tanpa penambahan ikan teri nasi, BA1: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi 2,5%, BA2: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan 5%, BA3: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi 7,5%.



Gambar 3. Alur Pembuatan Beras Analog Berbasis Berbasis Tepung Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Penambahan Ikan Teri Nasi (*Stolephorus Commersonii*) (Berdasarkan modifikasi Zhang²⁹, dan Santosa²⁰)



Gambar 4. Beras Analog Berbasis Tepung Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Penambahan Ikan Teri Nasi (*Stolephorus Commersonii*)

Analisis Proksimat³⁰

Kandungan gizi beras analog dengan penambahan ikan teri nasi dianalisis menggunakan uji proksimat berdasarkan standar metode *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC). Analisis proksimat terdiri dari kadar air, abu, protein, dan lemak. Analisis karbohidrat mengacu perhitungan AOAC. Pengujian dilakukan di Laboratorium Kimia Pangan Pusat Studi Pangan & Gizi UGM Yogyakarta.

ditimbang sebanyak 5 g dan masukkan dalam cawan yang telah diketahui beratnya (B2). Cawan porselen (B2) dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C selama 4 jam, kemudian dimasukkan dalam eksikator selama 30 menit. Cawan porselen dan sampel yang telah kering kemudian ditimbang (B3).

$$\text{Kadar Air (Wb \%)} = \frac{W3}{W1} \times 100$$

W1 = Berat Sampel Awal (B2-B1) (g)

W2 = Berat Sampel setelah Dikeringkan (B3-B1) (g)

W3 = Selisih Berat Sampel (W1-W2) (g)

Wb = *Wet Basis* (%)

Analisis Kadar Air³⁰

Sebelum memulai uji kadar air, sampel dihaluskan serta cawan porselen dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven suhu 105°C selama 30 menit, kemudian masukkan dalam eksikator selama 15 menit. Cawan porselen ditimbang, dan dicatat beratnya (B1) di bagian bawah kurs menggunakan pensil. Sampel

Analisis Kadar Abu³⁰

Sampel sebanyak 5 g (berat sampel awal) dimasukkan dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya (B1). Setelah itu cawan porselen diletakkan dalam *furnace* bersuhu 500°C selama 5 jam (dihitung setelah suhu *furnace* tercapai). Pembakaran sempurna apabila sampel berwarna putih keabuan. Suhu diturunkan dibawah 100°C, cawan diambil dari *furnace* kemudian dimasukkan dalam eksikator selama 15 menit. Setelah itu cawan porselen ditimbang dan dicatat beratnya (B2).

$$\text{Kadar Abu} = \frac{\text{Berat Abu (g)}}{\text{Berat Sampel Awal (g)}}$$

Berat Abu = (Berat Cawan + Sampel Awal – Berat Cawan + Sampel setelah Melalui Proses Pengabuan)

Berat Abu = Berat Sampel setelah Proses Pengabuan

Analisis Protein (Metode Kjeldahl)³⁰

Pengujian kadar protein (%) terdiri dari tiga tahapan utama yaitu destruksi, distilasi, dan titrasi. Tahap destruksi dilakukan dengan menimbang 0,3 g sampel kemudian dimasukkan dalam labu. Sebanyak 0,7 g katalisator (campuran Na₂SO₄: HgO perbandingan 20:1), dan 3,5 ml H₂SO₄ (93–98% bebas N) dimasukkan dalam labu yang berisi sampel. Panaskan labu menggunakan kompor listrik di ruang asam hingga larutan sampel menjadi jernih. Sampel jernih kemudian dituang dalam labu kjeldahl untuk dilakukan tahap distilasi. Sebanyak 150 ml aquades dingin dan 20 ml larutan NaOH-Na₂S₂O₃ (natrium tiosulfat) ditambahkan ke dalam labu kjeldahl. Beaker gelas diisi 5 ml asam borat 4% dan 3 tetes indikator warna BCG-MR. Beaker gelas diletakkan di bawah kondensor alat distilasi. Proses distilasi dihentikan apabila distilat mencapai 80 ml. Hasil distilat yang ditampung dalam beaker gelas, selanjutnya dilakukan titrasi. Titrasi dilakukan dengan reagen titran (HCl 0,02 N). Titrasi diakhiri apabila distilat menunjukkan perubahan warna kemerahan. Langkah kerja ini juga dilakukan menggunakan aquades sebagai blanko. Volume hasil titrasi kemudian dicatat, dan lakukan perhitungan:

$$\%N = \frac{(\text{Volume Sampel} - \text{Volume Blanko}) \times N \text{ HCl} \times 14,008}{\text{Berat Sampel (mg)}} \times 100$$

Kadar Protein = % N x Faktor Konversi (6,25)

Analisis Lemak (Metode Soxhlet)³⁰

Labu soxhlet kosong ditimbang dan catat beratnya (B1). Satu (1) g sampel ditimbang kemudian dibungkus dengan menggunakan kertas saring yang telah dilipat berbetuk silinder. Sampel dimasukkan dalam labu soxhlet kemudian ditambahkan sebanyak 50 ml petroleum benzen (pelarut lemak), dan pasang dalam rangkaian alat soxhlet. Proses ekstraksi dilakukan selama 3 jam, kemudian labu soxhlet dikeringkan dalam oven 105°C selama kurang lebih satu jam. Labu soxhlet kemudian ditimbang, dan dicatat beratnya. Pengeringan dapat dilakukan hingga berat labu konstan (B2). Kadar lemak (%) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Lemak (\%)} = \frac{\text{Berat Lemak (g)}}{\text{Berat Sampel Awal (g)}} \times 100$$

Berat lemak (g) = B2 – B1

Analisis Karbohidrat (*Carbohydrate by Different*)³⁰

Metode yang digunakan untuk analisis karbohidrat adalah *Carbohydrate by Different*. Metode ini menggunakan perhitungan kadar air, abu, protein, dan lemak dari sampel yang telah diuji sebelumnya. Perhitungan % karbohidrat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kadar Karbohidrat (\%)} = 100\% - (\% \text{ Kadar Air} + \% \text{ Kadar Abu} + \% \text{ Kadar Protein} + \% \text{ Kadar Lemak})$$

Perhitungan Energi (Metode *Bombcalorimeter*)³¹

Sebanyak 1 g sampel dimasukkan ke dalam wadah. Kawat dan benang pembakar ditimbang kemudian dicatat, kemudian dirangkai pada alat *bombcalorimeter*. 1 ml aquades dimasukan dalam alat *bombcalorimeter*, kemudian tutup dengan rapat. Gas oksigen dimasukkan dalam alat dengan tekanan 20-30 bar, selanjutnya masukkan unit bom kedalam wadah (*chamber*) yang telah terisi air sebanyak 2,1 kg. Jalankan pengaduk, kemudian amati termometer. Catat suhu setelah angka yang ditunjukkan pada termometer stabil. Alirkan arus listrik dengan menekan tombol *fire* selama 5 detik kemudian tunggu hingga suhu naik, setelah stabil kemudian catat sebagai suhu akhir. Hitung kenaikan suhu (suhu akhir-suhu awal). Lakukan hal yang sama pada standar asam benzoat. Catat dan hitung kalori dalam sampel dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$Q = C_v (T_f - T_i)$$

Q = Jumlah Panas

(Suhu yang Diukur dalam Joule/Detik)

C_v = Kapasitas Panas Kalorimeter

T_f = Suhu Akhir

T_i = Suhu Awal

Pengujian Karakteristik Fisik

Densitas Kamba^{32,33}

Perhitungan densitas kamba beras analog bertujuan mengetahui porositas suatu bahan. Pengujian ini dilakukan dengan cara, sampel dimasukkan dalam gelas ukur 100 ml hingga penuh dan rapat. Sampel kemudian ditimbang dan dicatat beratnya. Densitas kamba dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Densitas Kamba (g/ml)} = \frac{\text{Berat Sampel (g)}}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

Waktu Tanak^{32,34}

Dua (2) g sampel dimasukkan dalam gelas piala yang berisi air mendidih. Selanjutnya, sampel diambil sebanyak 10 butir dan diletakkan di atas permukaan lempeng kaca, kemudian ditekan dengan lempeng kaca kedua. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan interval waktu setiap 30 detik. Pengamatan waktu tanak tingkat kematangan beras apabila terdapat inti putih di bagian tengah butiran yang mengindikasikan waktu pemasakan atau warna sampel memudar. Waktu yang diperlukan untuk pemasakan sampel kemudian dicatat.

Berat 1000 Butir (Thousand Grain Weight)³⁵

Berat 1000 butir digunakan untuk menentukan tingkat kerapatan beras. Beras analog diambil sebanyak 1000 butir kemudian masukkan dalam wadah. Selanjutnya sampel ditimbang menggunakan timbangan analitik. Prosedur ini diulangi sebanyak 3 kali ulangan. Berat sampel (g) kemudian dicatat.

Daya Ikat Air³⁶

Satu (1) g sampel ditambahkan 10 ml aquades, selanjutnya dimasukkan dalam tabung reaksi dan dihomogenkan menggunakan vortex selama 1 menit. Sampel kemudian di sentrifuse dengan kecepatan 2200 rpm selama 30 menit. Berat sedimen kemudian ditimbang. Kapasitas daya ikat air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

Daya Ikat Air (%)

$$= \frac{\text{Berat Sedimen Basah} - \text{Berat Sampel yang Digunakan}}{\text{Berat Sampel yang Digunakan}} \times 100$$

Tingkat Kekerasan (Compression Test)³⁷

Pengujian tingkat kekerasan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Alat UTM kondisikan dalam posisi ON. Sampel diambil sebanyak 50 g, kemudian posisikan sampel pada alat UTM. Seting panel alat dalam posisi ON, parameter disesuaikan dengan jenis pengujian yaitu tingkat kekerasan (*compression test*). Isi data sampel sesuai dengan spesimen uji. Alat akan melakukan pengujian secara otomatis. Selanjutnya tunggu pengujian sampel hingga selesai. Hasil tertera dalam monitor komputer, selanjutnya data disesuaikan dengan gambar grafik, kemudian cetak hasil pengujian.

Analisis Data

Pengolahan data menggunakan Microsoft Excel, dan analisis data dilakukan menggunakan *software The Internasional Business Machines Corporation Statistic Product and Services Solution Statistics version 25* (IBM SPSS versi 25). Data yang diperoleh terdiri dari data univariat dan bivariat. Data univariat menggambarkan hasil deskriptif yang dinyatakan dalam Rata-rata±Standar Deviasi (SD). Data bivariat untuk mengetahui pengaruh perbedaan perlakuan empat formulasi penambahan ikan teri nasi. Distribusi data dilakukan untuk melihat sebaran data awal. Pengujian ini menggunakan uji normalitas *Saphiro-wilk*. Data proksimat dan uji fisik dianalisis menggunakan uji parametrik ANOVA, untuk mengetahui

perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji *Post hoc DMRT* dengan tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Analisis Proksimat Beras Analog**

Pengujian proksimat beras analog (Tabel 2) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penambahan ikan teri nasi pada kelompok perlakuan berdasarkan hasil uji kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat (*p-values*≤0,05). Kadar air beras analog berkisar antara 9,32-11,14%. Beras analog mempunyai kadar air yang lebih rendah daripada beras pembanding yang mempunyai kadar air sebesar 11,82%. Kadar air beras analog di seluruh kelompok perlakuan dan beras pembanding (BM) memenuhi standar SNI beras No. 6128: 2020 yaitu maksimal 14%³⁸. Merujuk pada SNI beras, kadar air maksimal sebesar 14% bermanfaat untuk mencegah timbulnya jamur yang menjadi salah satu parameter kualitas beras dan menentukan umur simpan³⁹. Kadar air beras analog dipengaruhi oleh beberapa faktor selama proses pengolahan antara lain air yang ditambahkan dalam proses pengolahan, pengukusan, ekstruksi, dan pengeringan^{21,39}. Penambahan ikan teri nasi pada perlakuan BA1, BA2, dan BA3 dalam formula beras analog menurunkan kadar air, hal ini disebabkan penambahan tepung ikan teri nasi meningkatkan total padatan pada formula beras analog yang berpengaruh terhadap kemampuan mengikat air⁴⁰. Kadar air mempengaruhi karakteristik fisik beras analog⁴¹. Kadar abu dinyatakan sebagai zat anorganik hasil residu dari pembakaran senyawa organik.

Kadar abu beras analog berkisar antara (2,19-2,73%) lebih tinggi daripada beras pembanding yaitu 1,2%. Kadar abu beras analog memenuhi persyaratan SNI dimana berdasarkan SNI 2715:2013 kadar abu produk pangan dari tepung ikan maksimal 20%⁴². Penambahan ikan teri nasi meningkatkan kadar abu beras analog secara signifikan (*p-values*≤0,05). Kadar abu mengindikasikan kandungan mineral total dalam suatu bahan⁴³. Bahan formula pembuatan beras analog mempengaruhi kadar abu. Tingginya kadar abu dalam beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi mengindikasikan tingginya kandungan mineral dalam produk tersebut. Kadar abu dalam 100 g tepung ikan teri nasi kering sebanyak 20 g². Selain itu, proses pengeringan menyebabkan terurainya komponen pengikat molekul air dalam bahan dan meningkatkan kadar abu⁴⁴.

Tabel 2. Analisis Kandungan Gizi Beras Analog Berbasis Tepung Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Penambahan Ikan Teri Nasi (*Stolephorus Commersonii*)

Perlakuan	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Energi (kkal)**
BAK	11,14±0,64 ^a	2,19±0,10 ^b	4,94±1,09 ^b	1,79±0,12 ^b	80,05±1,11 ^{bc}	366,17±7,73 ^a
BA1	9,80±0,92 ^b	2,45±0,08 ^c	5,45±0,29 ^b	1,61±0,12 ^c	80,67±1,11 ^b	380,67±9,27 ^a
BA2	9,32±0,42 ^b	2,55±0,10 ^d	7,57±0,80 ^c	1,67±0,11 ^{bc}	79,05±0,77 ^c	376,83±17,72 ^a
BA3	9,74±1,75 ^b	2,73±0,06 ^e	8,41±0,42 ^d	1,30±0,15 ^d	77,92±1,94 ^c	385,67±20,23 ^a
BM (Pembanding)	11,82±0,08 ^a	1,20±0,04 ^a	10,31±0,48 ^{ad}	2,27±0,10 ^a	74,40±0,59 ^{ac}	375,69±13,25 ^a
<i>p-value</i>	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,001*	0,235

BAK: beras analog kontrol berbasis tepung sukun tanpa penambahan ikan teri nasi (0%), BA1: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi 2,5%, BA2: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan 5%, BA3: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi 7,5%, *) *p-value*≤0,05 menunjukkan ada perbedaan perlakuan dilanjutkan uji *Post Hoc Duncan*, superskrip notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan perlakuan pada

tingkat kepercayaan 95%, **) perhitungan energi berdasarkan analisis menggunakan metode *bombcalorimeter*

Kadar protein beras analog sebanyak 4,94-8,41%. Penambahan ikan teri nasi meningkatkan kadar protein beras analog secara signifikan ($p\text{-value}\leq 0,05$), dengan kadar protein paling tinggi terdapat pada perlakuan BA3. Peningkatan kadar protein dipengaruhi oleh formula bahan yang digunakan dalam pembuatan beras analog, yaitu dalam 100 g tepung ikan teri nasi mengandung protein antara 24-48,8 g^{2,45}. Kadar protein beras analog tidak berbeda nyata dengan kadar protein beras pembanding (BM). Kandungan protein dalam beras analog berpotensi untuk menurunkan respon glikemik, karena protein dapat memperpanjang proses laju makanan di lambung, sehingga memperlambat penyerapan di usus halus⁴⁶. Beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi berpotensi sebagai salah satu sumber pangan fungsional.

Penambahan ikan teri nasi menurunkan kadar lemak secara signifikan ($p\text{-value}\leq 0,05$). Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Darmanto, dkk yang menyatakan bahwa terdapat korelasi positif antara kadar lemak dan kadar protein. Semakin tinggi kadar lemak, semakin tinggi pula kadar protein⁴³, namun sejalan dengan penelitian Yogeshwari, dkk³⁴. Kadar lemak beras analog sebesar 1,3-1,79%, dan lebih rendah dibandingkan beras pembanding (2,27%). Kandungan *Polyunsaturated Fatty Acids* (PUFA) dalam ikan teri nasi⁴⁷ akan rusak seiring dengan proses penepungan ikan teri nasi⁴⁸, dan proses pembuatan beras analog dengan pemanasan⁴⁹. Pengaruh suhu dan waktu dalam proses pencetakan dan pengeringan beras analog berpengaruh terhadap rendahnya kadar lemak. Proses pemanasan membuat molekul lemak bergerak lebih cepat, jarak antar molekul menjadi lebih besar sehingga lemak mudah keluar dari pati²³. Kadar lemak yang rendah menurunkan risiko ketengikan beras analog, dan memperpanjang umur simpan. Sumber lemak utama dari formula beras analog berasal dari minyak kelapa (Tabel 1). Minyak kelapa digunakan sebagai pelumas dan emulsifier dalam proses pencetakan beras analog. Kestabilan proses ekstruksi beras terjadi apabila kandungan lemak yang ditambahkan dalam formula beras sebesar 1-2%⁵⁰. Penambahan sumber lemak meningkatkan sifat kilap dan tekstur lembut pada beras analog⁵¹.

Beras analog mempunyai kadar karbohidrat berkisar 77,92-80,67%. Perlakuan BA3 memiliki kadar karbohidrat paling rendah yaitu 77,92%. Beras analog dengan penambahan tepung ikan teri nasi 7,5% memiliki kadar karbohidrat yang tidak berbeda dengan beras merah (74,4%). Hasil perhitungan kadar karbohidrat pada Tabel 2, dipengaruhi oleh kadar air, abu, protein, dan lemak. Selain itu, kadar karbohidrat dipengaruhi oleh kadar pati yang terkandung dalam formula tepung komposit beras analog yang digunakan. Kadar karbohidrat dari bahan baku utama yaitu tepung sukun (77,09%)²¹, dan tepung ubi jalar putih (20,6%)². Tepung sukun memiliki Indeks Glikemik (IG) yang rendah-sedang (31,25-53,75)⁵² dan IG ubi jalar (<55)⁵³. IG makanan dipengaruhi oleh tingginya serat pangan dan kadar amilosa yang membantu memperlambat proses

pencernaan dan penyerapan dalam saluran cerna²¹.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi dapat digunakan sebagai salah satu makanan pokok karena sumber karbohidrat dan energi yang mencukupi. Kadar karbohidrat dalam penelitian ini memiliki hasil yang setara dengan beberapa penelitian beras analog antara lain berbasis singkong (86,53%)³⁹, kodo millet (74,34-79,56%)⁵⁴, kimpul (87,94-89,96%)¹⁶, tepung komposit ubi jalar dan labu kuning (78,3-81,1%)⁵⁵ dan berbahan garut dan rumput laut dengan penambahan kolagen ikan (69,06-76,55%)⁴³. Total energi dari beras analog berkisar 366-385 kkal/100 g, dan beras pembanding sebesar 375 kkal/100 g. Penambahan tepung ikan teri nasi tidak menunjukkan perbedaan energi dari seluruh perlakuan maupun beras pembanding ($p\text{-value}>0,05$). Meskipun demikian, semakin tinggi penambahan tepung ikan teri nasi cenderung menghasilkan energi yang semakin tinggi. Energi beras analog dipengaruhi oleh kadar protein, lemak, dan karbohidrat dari bahan dasar yang digunakan.

Karakteristik Fisik Beras Analog

Densitas kamba dihitung berdasarkan rasio massa: volume, dan berhubungan dengan porositas butiran beras. Densitas kamba merupakan salah satu parameter fisik untuk mengindikasikan kualitas suatu produk, dalam hal ini menentukan kualitas butiran beras. Densitas kamba beras analog (Tabel 3) berkisar 0,61-0,68 g/ml. Penambahan ikan teri nasi berpengaruh meningkatkan densitas kamba secara signifikan ($p\text{-value}\leq 0,05$). Perlakuan BA3 memiliki densitas kamba paling tinggi sebesar 0,68 mg/dl, namun masih lebih rendah jika dibandingkan dengan beras pembanding (0,84 g/dl). Hal ini menunjukkan beras analog memiliki berat yang lebih rendah dan porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras pembanding pada volume yang sama. Hasil ini sejalan dengan penelitian dari Noviasari, dimana densitas kamba beras analog berbasis sorghum dan pati aren berkisar 0,65-0,7 g/ml⁵⁶, dan sejalan dengan penelitian Sumardiono, dkk³ yang menyatakan densitas kamba beras analog yang difortifikasi ikan gabus sebesar 0,51 g/ml. Standar minimal densitas kamba berkisar antara 0,40-0,42 g/ml, di bawah angka tersebut akan menghasilkan karakteristik beras yang lembek seperti bubur³. Densitas kamba dan porositas suatu bahan dipengaruhi oleh kadar air, suhu ekstruksi, dan waktu tinggal adonan dalam ekstruder (*residence time*), proses pengeringan mengurangi kadar air bahan, sehingga matrik beras menjadi lebih poros^{51,56}. Semakin tinggi densitas kamba maka menunjukkan kualitas beras yang semakin baik, karena struktur butiran beras yang kompak, dan tidak berpori³². Dalam penelitian ini, proses pencetakan beras tidak menggunakan alat *hot extrusion* terstandar dimana proses pencetakan beras dilakukan dalam suhu yang tinggi, dan alat memiliki pengatur suhu. Pengukusan adonan sebelum pencetakan beras di mesin ekstruksi masih menggunakan alat pengukus manual dan tidak diukur suhunya.

Tabel 3. Karakteristik Fisik Beras Analog Berbasis Tepung Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Penambahan Ikan Teri Nasi (*Stolephorus Commersonii*)

Perlakuan	Densitas Kamba (g/ml)	Waktu Tanak (menit)	Berat 1000 Butir (g)	Daya Ikat Air (%)	Tingkat Kekerasan (N)
BAK	0,61±0,02 ^b	15,00±2,65 ^a	17,27±1,03 ^b	176,70±0,91 ^b	122,08±14,19 ^a
BA1	0,63±0,03 ^b	16,00±2,65 ^a	17,57±0,97 ^b	162,04±2,07 ^c	85,12±13,41 ^a
BA2	0,68±0,01 ^c	16,33±2,31 ^a	17,25±0,58 ^b	154,90±0,61 ^d	66,01±1,24 ^a
BA3	0,68±0,01 ^c	16,33±3,21 ^a	16,33±1,05 ^b	159,09±1,98 ^e	92,84±2,58 ^a
BM (Pembanding)	0,84±0,01 ^a	20,00±0,001 ^a	19,6±0,04 ^a	89,84±0,89 ^a	104,26±8,58 ^a
<i>p-value</i>	0,001*	0,198	0,008*	0,001*	0,47

BAK: beras analog kontrol berbasis tepung sukun tanpa penambahan ikan teri nasi (0%), BA1: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi 2,5%, BA2: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi 5%, BA3: beras analog berbasis tepung sukun dengan penambahan ikan teri nasi 7,5%

Waktu tanak ditentukan apabila telah terbentuk gelatinasi pada beras atau memudarnya warna beras menjadi lebih transparan dan lengket³⁴. Waktu tanak beras analog berkisar antara 15-16,33 menit, sedangkan beras pembanding membutuhkan waktu tanak 20 menit. Hasil uji statistik menunjukkan tidak ada pengaruh signifikan ($p\text{-value}>0,05$) antara waktu tanak seluruh kelompok perlakuan. Beberapa hal yang berpengaruh terhadap waktu tanak beras analog antara lain perlakuan pendahuluan yaitu proses pengukusan awal adonan selama 30 menit, sehingga pati dalam beras analog telah tergelatinasi^{39,57}. Menurut peneliti Sumardiono⁵⁸, Penambahan ikan teri nasi tidak berpengaruh terhadap waktu tanak, hasil ini tidak sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa semakin banyak penambahan tepung ikan gabus, maka waktu tanak semakin lama (20-25 menit) karena semakin tinggi kandungan protein dalam beras, dibutuhkan waktu yang lebih lama agar terbentuk gelatinasi supaya protein terdenaturasi. Semakin tinggi kadar protein, semakin lama waktu tanak beras analog. Lama proses tanak beras dipengaruhi oleh suhu gelatinasi dari bahan yang digunakan. Semakin tinggi suhu gelatinasi semakin lama waktu yang digunakan untuk pemasakan, suhu gelatinasi dipengaruhi oleh kadar amilosa. Amilosa mempunyai kemampuan lebih baik dalam mengikat air dibandingkan amilopektin⁵¹.

Berat 1000 butir digunakan untuk menentukan keseragaman ukuran butiran⁵⁶. Penambahan ikan teri nasi tidak menunjukkan pengaruh signifikan ($p\text{-value}>0,05$) terhadap berat 1000 butir beras analog. Berat berkisar antara 16,33-17,27 g, tidak jauh berbeda dengan beras analog berbasis kodo millet (16,03-18,23 g)⁵⁴. Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat 1000 butir beras analog lebih rendah dibandingkan beras pembanding (19,64 g). Daya ikat air/WHC menggambarkan jumlah maksimum yang dapat diserap dan dipertahankan dalam suatu bahan. Penambahan ikan teri nasi memberikan pengaruh terhadap daya ikat air ($p\text{-value}\leq 0,05$). Daya ikat air seluruh perlakuan berkisar antara 89,84-176,70%. Semakin tinggi penambahan ikan teri nasi, akan menurunkan daya ikat air. Proses denaturasi protein berpengaruh terhadap struktur beras dan kapasitas pengikatan air⁵⁹. Daya ikat air meningkat seiring dengan peningkatan suhu ekstruksi. Ikatan air dan protein semakin tinggi sehingga kondisi ini membuat perubahan struktur protein beras analog⁶⁰. Fenomena ini berpengaruh terhadap tekstur nasi yang dihasilkan. Semakin tinggi daya ikat air, semakin tinggi pula kadar air,

sehingga derajat pembengkakan molekul protein semakin meningkat, nasi dari beras analog memiliki kecenderungan menjadi lembek.

Penambahan ikan teri nasi tidak berpengaruh terhadap tingkat kekerasan beras ($p\text{-value}>0,05$). Pengukuran tingkat kekerasan menggunakan alat UTM. Tingkat kekerasan dipengaruhi oleh suhu ekstruksi dan kadar amilosa bahan. Peningkatan suhu ekstruksi meningkatkan jumlah ikatan antar partikel sehingga meningkatkan kekerasan butiran beras analog⁵⁷. Tingkat kekerasan beras analog mengindikasikan bahwa beras analog tidak mudah patah, kemampuan penyerapan air yang tinggi diimbangi dengan kekuatan struktur beras dalam mempertahankan bentuknya³².

Penelitian ini memiliki kelebihan, formula bahan untuk pembuatan beras analog mudah didapatkan. Penambahan ikan teri nasi dalam formula beras analog berbasis tepung sukun memiliki kandungan gizi yang lebih baik dibandingkan dengan beras analog kontrol dan beras pembanding. Beras analog yang dihasilkan memiliki kadar air yang memenuhi standar SNI beras, tingginya kadar abu mengindikasikan tingginya kadar mineral, kadar protein lebih tinggi, dan kadar lemak lebih rendah dengan nilai kalori yang sama. Kekurangan dari penelitian ini, sifat fisik densitas kamba beras analog masih dibawah standar beras pada umumnya selain itu, daya ikat air beras analog masih lebih tinggi meskipun dengan penambahan ikan teri nasi memiliki kecenderungan menurun, sehingga berpengaruh terhadap kualitas tekstur nasi yang dihasilkan yaitu lebih lembek dari nasi merah pada umumnya. Keterbatasan penelitian ini proses pencetakan beras menggunakan alat ekstruksi yang belum terstandar, sehingga pengukusan adonan masih dilakukan manual, tidak mengukur dan menetapkan suhu ekstruksi secara spesifik dalam proses pengukusan adonan. Keterbatasan ini berpengaruh terhadap karakteristik fisik densitas kamba dan daya ikat air dari beras analog yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Penambahan ikan teri nasi dalam formula beras analog meningkatkan kadar abu, dan protein, menurunkan kadar lemak, serta tidak berpengaruh terhadap kadar karbohidrat dan energi. Kadar air (9,32-11,14%) telah memenuhi persyaratan SNI. Penambahan tepung ikan teri nasi 7,5% pada formula beras analog (BA3) mempunyai kadar protein, karbohidrat, dan energi yang tidak berbeda nyata dengan beras pembanding yaitu beras merah. Karakteristik fisik antara lain waktu

tanak berkisar 15-16,33 menit, berat 1000 butir dan tingkat kekerasan tidak berbeda secara signifikan pada seluruh kelompok perlakuan termasuk dengan beras pembanding. Densitas kamba beras analog meningkat, dan daya ikat air (WHC) mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya penggunaan tepung ikan teri nasi pada formula beras analog, namun masih tergolong tinggi dibandingkan beras pembanding. Penelitian selanjutnya, diperlukan pengukuran suhu ekstruksi pada saat proses pembuatan beras analog. Berdasarkan hasil analisis proksimat perlakuan BA3 merupakan formula yang direkomendasikan untuk dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui indeks glikemik beras analog.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Panti Rapih Yogyakarta, dan UMKM Putri 21 Playen Yogyakarta atas fasilitas sarana dalam pelaksanaan penelitian ini.

KONFLIK KEPENTINGAN DAN SUMBER PENDANAAN

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan terhadap artikel ini. Penelitian ini didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi (Kemendikburistek) RI melalui Skema Pendanaan Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2024 Nomor Kontrak Induk: 107/E5/PG.02.00.PL/2024 dan Nomor Kontrak Turunan: 0609.35/LL5-INT/AL.04/2024,1420.F/STIKes-PR/B/VI/2024.

KONTRIBUSI PENULIS

VIP: konsep, investigasi/merancang eksperimen, metodologi, analisis data, penulisan draft asli; MAL: metodologi, analisis data, merancang eksperimen, review artikel; DHF: visualisasi data, analisis data, editing.

REFERENSI

- Shobana, S. *et al.* Even minimal polishing of an Indian parboiled brown rice variety leads to increased glycemic responses. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* **26**, 829–836 (2017). <https://doi.org/10.6133/apjcn.112016.08>
- Kementerian Kesehatan. *Food Composition Table—Indonesia (Daftar Komposisi Bahan Makanan)*. (2017).
- Sumardiono, S., Pudjihastuti, I., Supriyo, E. & Amalia, R. Physico-Chemical Properties of Calcium-Fortified Analog Rice from Composite Flour (Cassava, Corn, and Snakehead Fish) for Osteoporosis Prevention. *J. Vocat. Stud. Appl. Res.* **2**, 10–15 (2020). Available from: <http://dx.doi.org/10.14710/jvsar.v2i2.8062>
- Kusumayanti, H., Sumardiono, S. & Jos, B. The combined effect of three raw materials composition on the production of analog rice: Characteristics properties. *Mater. Today Proc.* **63**, S418–S423 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.087>
- Nayar, S. & Madhu, S. V. Glycemic index of wheat and rice are similar when consumed as part of a North Indian mixed meal. *Indian J. Endocrinol. Metab.* **24**, 251–255 (2020). https://doi.org/10.4103/ijem.IJEM_4_20
- Fajriah, F., Faridah, D. N. & Herawati, D. Penurunan Indeks Glikemik Nasi Putih dengan Penambahan Ekstrak Serai dan Daun Salam. *J. Teknol. dan Ind. Pangan* **33**, 169–177 (2022). <https://doi.org/10.6066/jtip.2022.33.2.169>
- Mukesh S, Sikarwar Boey, J. H., Kumuntha, S., Bavani, Devi Valeisamy Ling, K. Y. & Kaveti, B. A review on *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg (breadfruit). *J. Appl. Pharm. Sci.* **4**, 91–97 (2014). <https://doi.org/10.7324/JAPS.2014.40818>
- Daley O.O, Roberts-Nkrumah L, Alleyne A, Francis-Granderson I, Broomes J, Badrie N. Assessment of breadfruit (*Artocarpus altilis*, (parkinson) fosberg) cultivars for resistant starch, dietary fibre and energy density. *African J. Food Agric. Nutr. Dev.* **19**, 15060–15076 (2019). <https://doi.org/10.18697/ajfand.87.18090>
- Safitri, A., Jahari, A. B. & Ernawati, F. Konsumsi Makanan Penduduk Indonesia Ditinjau dari Norma Gizi Seimbang (Food Consumption in Term of the Norm of Balanced Nutrition). *J. Nutr. Food Res.* **39**, 87–94 (2017). <https://doi.org/10.22435/pgm.v39i2.6971.87-94>
- USDA Foreign Agricultural Services. Government of Indonesia Orders the Importation of 2 MMT of Rice to Replenish Emergency Stocks. 2022–2024 (2023). Available from: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Goverment of Indonesia Orders the Importation of 2 MMT of Rice to Replenish Emergency Stocks_Jakarta_Indonesia_ID2023-0007.pdf
- Statistics Indonesia. Weekly Average Consumption of Several Food Items Commodity per Capita, 2007-2019. *Consumption and Ecpenditure* **1** (2019). Available from: <https://www.bps.go.id/statistictable/2014/09/08/950/rata-rata-konsumsi-per-kapita-seminggu-beberapa-macam-bahan-makanan-penting-2007-2019.html>
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. *Laporan Provinsi Jawa Tengah Riskesdas 2018*. Kementerian Kesehatan RI (2018).
- International Diabetes Federation. Indonesia Diabetes report 2000 — 2045. *International Diabetes Federation* 1–2 (2021). Available from: <https://diabetesatlas.org/data/en/country/94/id.html>
- Laura C, Danielle L, Amna A, Annette C, Tauseef A K, Sonia BM. Effect of low glycaemic index or load dietary patterns on glycaemic control and cardiometabolic risk factors in diabetes: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* **374**, n1651 (2021). <https://doi.org/10.1136/bmj.n1651>
- Zafar MI, Mills KE, Zheng J, Regmi A, Hu SQ, Gou L. Low-glycemic index diets as an intervention for diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* **110**, 891–902 (2019). Available from: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz149>
- Noviasari, S., Assyifa, P. S. & Sulaiman, I. Chemical and sensory properties of analogue rice based on kimpul flour (*Xanthosoma sagittifolium*). *IOP Conf.*

- Ser. *Earth Environ. Sci.* **951**, (2022).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/951/1/012019>
17. Saragih, B., Rahmadi, A. & Novita, D. The effect of steaming duration on nutrition composition, glycemic index and load of analog rice from natural products east kalimantan. *Int. J. Recent Sci. Res.* **10**, 31072–31075 (2019).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2019.1002.3186>
18. Nugraheni, M., Purwanti, S. & Ekawatiningsih, P. Chemical composition, glycaemic index, and antidiabetic property of analogue rice made from composite tubers, germinated legumes, and cereal flours. *Int. Food Res. J.* **29**, 1304–1313 (2022). <https://doi.org/10.47836/ifrj.29.6.07>
19. Pricilla, M. & Hakim Nata Buana, E. O. G. Hypoglycemic Effects of Analog Rice Based from Arrowroot (*Marantha arundinacea* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on Blood Sugar Level and Pancreas Histopathology of Diabetic Rat. *J. Diabetes Metab.* **11**, 1–6 (2020).
<https://doi.org/10.35248/2155-6156.20.11.840>
20. Santosa, H., Handayani, N. A., Fauzi, A. D. & Trisanto, A. Pembuatan Beras Analog Berbahan Dasar Tepung Sukun Termodifikasi Heat Moisture Treatment. *J. Inov. Tek. Kim.* **3**, 37–45 (2018).
<https://doi.org/10.31942/inteka.v3i1.2124>
21. Mehta, K. A., Quek, Y. C. R. & Henry, C. J. Breadfruit (*Artocarpus altilis*): Processing, nutritional quality, and food applications. *Front. Nutr.* **10**, (2023).
<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1156155>
22. Kaihena, M., Ukratalo, A. M., Nindatu, M. & Birahy, D. C. Breadfruit Flour, Food to Lower Blood Sugar Levels in Mice Model Diabetes Mellitus. *J. Heal. Sains* **4**, 99–108 (2023).
<https://doi.org/10.46799/jhs.v4i3.866>
23. Kusumaningsih, T., Firdaus, M. & Juneasri, F. T. I. Physicochemical Characterization, Gelatinization Profile, and Proximate Analysis of Sweet Potato Starch (*Ipomoea batatas* L.) White, Yellow, and Purple. *Molekul* **17**, 176–184 (2022).
<https://doi.org/10.20884/1.jm.2022.17.2.5186>
24. Guo, Y., Huang, Z., Sang, D., Gao, Q. & Li, Q. The Role of Nutrition in the Prevention and Intervention of Type 2 Diabetes. *Front. Bioeng. Biotechnol.* **8**, 1–28 (2020).
<https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.575442>
25. Tang, G. Y., Meng, X., Li, Y., Zhao, C. N., Liu, Q., & Li, H. Bin Effects of vegetables on cardiovascular diseases and related mechanisms. *Nutrients* **9**, 20–23 (2017).
<https://doi.org/10.3390/nu9080857>
26. Winarti, S., Djajati, S., Hidayat, R. & Jilian, L. Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan Beras Analog dari Tepung Komposit (Gadung, Jagung, Mocaf) dengan Penambahan Pewarna Angkak. *J. Reka Pangan* **12**, 35–36 (2018). Retrieved from <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/teknologi-pangan/article/view/1098/941>
27. Lu, K., Chen, S., Lin, Y., Wu, H. & Chao, P. An antidiabetic nutraceutical combination of red yeast rice (*Monascus purpureus*), bitter melon (*Momordica charantia*), and chromium alleviates dedifferentiation of pancreatic β cells in db/db mice. *Food Sci. Nutr.* **8**, 6718–6726 (2020).
<https://doi.org/10.1002/fsn3.1966>
28. Anggraeni, N., Sastro Darmanto, Y. & Riyadi, P. H. Pemanfaatan Nanokalsium Tulang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Beras Analog dari Berbagai Macam Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.). *J. Apl. Teknol. Pangan* **5**, 114–122 (2016).
<https://doi.org/10.17728/jatp.187>
29. Zhang, K., Jia, X., Zhu, Z. & Xue, W. Physicochemical properties of rice analogs based on multi-level: influence of the interaction of extrusion parameters. *Int. J. Food Prop.* **23**, 2033–2049 (2020).
<https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1840389>
30. Association of Official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist 18th Edition*. (AOAC International, 2005).
31. Melville, J. UC Berkeley College of Chemistry Bomb Calorimetry and Heat of Combustion. *Phys. Chem. Lab.* (2014).
32. Kurniasari, I., Kusnandar, F. & Budijanto, S. Karakteristik Fisik Beras Analog Instan Berbasis Tepung Jagung dengan Penambahan k-Karagenan dan Konjak. *agriTECH* **40**, 64 (2020).
<https://doi.org/10.22146/agritech.47491>
33. Wongsu, J., Rungsardthong, V., Uttapap, D., Lamsal, B. P. & Puttanlek, C. Effect of Extrusion Conditions, Monoglyceride and Gum Arabic Addition on Physical and Cooking Properties of Extruded Instant Rice. *J. King Mongkut's Univ. Technol. North Bangkok* **10**, 23–30 (2017).
<https://doi.org/10.14416/j.ijast.2017.02.006>
34. Yogeshwari, R., Hemalatha, G., Vanniarajan, C., Saravanakumar, S. & Kavithapushpam, A. Development of Micronutrient Fortified Extruded Rice Analogues. *Eur. J. Nutr. Food Saf.* **9**, 1–11 (2018).
<https://doi.org/10.9734/ejnf/2019/44342>
35. Rao, V., Swamy, G., Raja, S. & Wesley, J. Engineering Properties of Certain Minor Millet Grains Engineering Properties of Certain Minor Millet Grains. (2020). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/354381269_Engineering_Properties_of_Certain_Minor_Millet_Grains
36. Chau, C.-F. & Huang, Y.-L. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of Citrus sinensis L. Cv. Liucheng. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 2615–2618 (2003).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jf025919b>
37. Risnasari, I., Karolina, R., Fathurrahman, Pulungan, I. H. & Handinata, O. *Alat Universal Testing Machine (UTM) dan Pengoperasiannya*. (2022). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/370940117>

38. Badan Standardisasi Nasional. *Standar Nasional Beras (SNI) 6128: 2020*. Badan Standardisasi Nasional (2020).
39. Mahendradatta, M., Assa, E., Langkong, J., Tawali, A. B. & Nadhifa, D. G. Development of Analog Rice Made from Cassava and Banana with the Addition of Katuk Leaf (*Sauropus androgynous* L. Merr.) and Soy Lecithin for Lactating Women. *Foods* **13**, 1438 (2024).
<https://doi.org/10.3390/foods13101438>
40. Istifada, D. S., Swastawati, F. & Wijayanti, I. Pengaruh penambahan tepung ikan teri hitam (*Stolephorus insularis*) terhadap karakteristik kimia dan tekstur pizza base. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.* **26**, 229–240 (2023).
<https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i2.44748>
41. Seifi, M. R. & Alimardani, R. The Moisture Content Effect on Some Physical and Mechanical Properties of Corn (Sc 704). *J. Agric. Sci.* **2**, 124–134 (2010).
<https://doi.org/10.5539/jas.v2n4p125>
42. Badan Standardisasi Nasional. *Standar Nasional Tepung Ikan untuk Pakan (SNI) 2715:2013*. (2013).
43. Darmanto, Y. S., Kurniasih, R. A., Romadhon, R., Riyadi, P. H. & Anggraeni, N. Characteristic of analog rice made from arrowroot (*Maranta arundinaceae*) and seaweed (*Gracilaria verrucosa*) flour fortified with fish collagen. *Food Res.* **6**, 370–379 (2022).
[https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(5\).473](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(5).473)
44. Asgar, A., Musaddad, D., Rahayu, S. & Levianny, P. S. Effect of Temperature and Drying Time on Chemical, physical and Organoleptic Characteristics of Dry Winged Beans. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **1024**, 012004 (2022).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1024/1/012004>
45. Swastawati, F., Riyadi, P. H., Sulistyningrum, H., Resky, S. & Suharto, S. Comparison of macro nutritional value, dissolved protein, amino acids and minerals of fresh and crispy-product of anchovy (*Stolephorus commersonii*). *Syst. Rev. Pharm.* **11**, 424–430 (2020).
<https://doi.org/10.31838/srp.2020.9.60>
46. Probosari, E. Pengaruh Protein Diet Terhadap Indeks Glikemik. *J. Nutr. Heal.* **7**, 5–10 (2019). Retrieved from <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/actanutrica/article/view/21944/14658>
47. Sankar, T. V., Anandan, R., Mathew, S., Asha, K. K., Lakshmanan, P. T., Varkey, J., Mohanty, B. P. Chemical composition and nutritional value of Anchovy (*Stolephorus commersonii*) caught from Kerala coast, India. *Eur. J. Exp. Biol.* **3**, 85–89 (2013).
48. Fanny, L., Rahayu, C. & Pakhri, A. Daya Terima Dan Kandungan Zat Gizi Mikro Serabi Yang Diperkaya Tepung Tempe Dan Tepung Ikan Teri (*Stolephorus* sp). *Media Gizi Pangan* **26**, 190 (2019).
<https://doi.org/10.32382/mgp.v26i2.1070>
49. Yuan, Z., Jun, D., Xiaomei, H., Junping, W., Changmo, L., Lu, D., Shuo, W. Impact of Heating Temperature and Fatty Acid Type on the Formation of Lipid Oxidation Products During Thermal Processing. *Front. Nutr.* **9**, 1–10 (2022).
<https://doi.org/10.3389/fnut.2022.913297>
50. Singh, B., Sharma, C. & Sharma, S. Fundamentals of extrusion processing. In: *Novel Food Processing Technologies*. *Nov. Food Process. Technol.* 1–45 (2017).
51. Sukanto, S. & Patria, D. G. The utilization of flour made of the non-milled rice as analog rice ingredients. *Food Res.* **4**, 1427–1434 (2020).
[https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(5\).108](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(5).108)
52. Eke-Ejiofor, J., Friday, U. . & N.L, A. Glycemic Indices, Vitamins of Flour and Sensory Properties of Stiff Dough (Swallow) from Processed, Ripe and Unripe Breadfruits (*Artocarpus altilis*). *Am. J. Food Sci. Technol.* **11**, 49–56.
<https://doi.org/10.12691/ajfst-11-2-4> (2023).
53. Giri, N. A. & Sakhale, B. K. Effect of protein enrichment on quality characteristics and glycemic index of gluten free sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) spaghetti. *J. Food Sci. Technol.* **59**, 2410–2419 (2022).
<https://doi.org/10.1007/s13197-021-05257-4>
54. Karthik, K., Rao, B. D., Das, A., Kiranmai, E., Dharini, M., Mogulla, S. R., & Sharma, D. Personalized Kodo Millet Rice Analogue (KMRA): Formulation, nutritional evaluation, and optimization. *Futur. Foods* **10**, 100389 (2024).
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100389>
55. Pramono, Y. B., Nurwantoro, Handayani, D., Mulyani, S. & Hari Wibowo, C. Physical, chemical, stickiness and organoleptic characteristics of analog white sweet potato rice with the addition of pumpkin flours. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **803**, 012039 (2021).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/803/1/012039>
56. Noviasari, S., Widara, S. S. & Budijanto, S. Analogue Rice as The Vehicle of Public Nutrition Diversity. *J. Kesehat. Masy.* **13**, 18–27 (2017).
<https://doi.org/10.15294/kemas.v13i1.8284>
57. Budi, F. S., Hariyadi, P., Budijanto, S. & Syah, D. Kristalinitas Dan Kekerasan Beras Analog Yang Dihasilkan Dari Proses Ekstrusi Panas Tepung Jagung. *J. Teknol. dan Ind. Pangan* **28**, 46–54 (2017).
<https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.46>
58. Sumardiono, S., Pudjihastuti, I., Supriyo, E. & Amalia, R. Physico-Chemical Properties of Calcium-Fortified Analog Rice from Composite Flour (Cassava, Corn, and Snakehead Fish) for Osteoporosis Prevention. *J. Vocat. Stud. Appl. Res.* **2**, 10–15 (2020). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.14710/jvsar.v2i2.8062>
59. Qiu, Y. *et al.* An understanding of the changes in water holding capacity of rehydrated shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) from cell wall, cell membrane and protein. *Food Chem.* **351**, 129230 (2021).
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129230>

60. Gao, Y., Sun, Y., Sun, Y. & Jin, T. Extrusion Modification: Effect of Extrusion on the Functional Properties and Structure of Rice Protein. *procesess* **38**, 32–37 (2022). <https://doi.org/10.13652/j.issn.1003-5788.2022.01.004>