

Analisis kandungan gizi, magnesium, dan kalium pada bolu kukus berbasis tepung biji kecipir pati garut sebagai produk *sport food* lokal

Analysis of nutritional content, magnesium, and potassium in steamed cake made from winged bean flour–arrowroot starch as a local sports food product

SAGO: Gizi dan Kesehatan
2026, Vol. 7(1) 153-162
© The Author(s) 2026



DOI: <http://dx.doi.org/10.30867/gikes.v7i1.2939>
<https://ejournal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/gikes>



Poltekkes Kemenkes Aceh

Sahirah Aliyah Firdaus¹, Nanang Nasrulloh^{2*}

Abstract

Background: Exercise-associated muscle cramps (EAMC) in athletes are associated with fluid and electrolyte loss during intense physical activity. Therefore, sports nutrition that supports adequate intake of macronutrients and essential minerals is necessary. Winged beans have potential as a source of protein and minerals, and arrowroot flour can serve as an alternative source of carbohydrates for developing sports foods.

Objectives: To develop steamed cake products based on winged bean flour and arrowroot starch as local sports food innovations and analyze their nutritional composition, magnesium and potassium levels, and organoleptic properties.

Methods: This experimental study used a completely randomized design with variations in the proportions of winged bean flour and arrowroot flour in three formulations: F1 (25%:75%), F2 (50%:50%), and F3 (75%:25%). The proximate composition and mineral content were analyzed at the Saraswanti Indo Genetech Laboratory, Bogor, while the organoleptic evaluation was conducted using a nine-point hedonic scale by 30 semi-trained panelists. The data were analyzed using ANOVA, Duncan's Multiple Range Test, and DeGarmo's Method.

Results: Significant differences ($p < 0.05$) were observed among the formulations with respect to energy, protein, carbohydrate, fat, ash, magnesium, and potassium content. Formulation F3 was selected as the best owing to its superior nutritional quality, with higher protein and electrolyte mineral levels; however, organoleptic testing showed that F1 had the highest sensory acceptance level.

Conclusion: The steamed cake made from winged bean flour and arrowroot starch (F3) has potential as a local sports food rich in protein and essential minerals to support energy, muscle function, and electrolyte balance in athletes.

Keywords:

Arrowroot starch, magnesium, potassium, sport food, winged bean

Abstrak

Latar belakang: *Exercise-Associated Muscle Cramps* pada atlet berkaitan dengan kehilangan cairan dan elektrolit selama aktifitas fisik intens, memiliki prevalensi mulai dari 14% hingga 60% pada berbagai cabang olahraga. Ketersediaan *sport food* lokal yang mampu mendukung pemenuhan asupan zat gizi makro dan mineral penting bagi atlet. Biji kecipir berpotensi sebagai sumber protein dan mineral, serta pati garut dapat menjadi sumber karbohidrat alternatif dalam pengembangan produk *sport food* lokal.

Tujuan: Mengembangkan produk bolu kukus berbasis tepung biji kecipir dan pati garut sebagai inovasi *sport food* lokal, menganalisis kandungan gizi, kadar magnesium, kalium, dan organoleptik pada setiap formulasi.

¹ Program Studi Gizi Program Sarjana, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta, Indonesia.
E-mail: sahirah.aliyah.firdaus@gmail.com

² Program Studi Gizi Program Sarjana, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta, Indonesia.
E-mail: nasrulloh@upnvi.ac.id

Penulis Koresponding:

Nanang Nasrulloh: Program Studi Gizi Program Sarjana, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta, Indonesia.
E-mail: nasrulloh@upnvi.ac.id

Metode: Penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan berupa variasi proporsi tepung biji kecipir dan pati garut pada tiga formulasi: F1 (25%:75%), F2 (50%:50%), dan F3 (75%:25%). Analisis dilakukan terhadap kandungan proksimat, magnesium, kalium di Laboratorium Saraswanti Indo Genetech, Bogor. Serta uji organoleptik menggunakan skala hedonik sembilan poin yang dilakukan oleh 30 panelis semi terlatih. Data dianalisis dengan ANOVA dan uji lanjut Duncan. Formula terbaik ditentukan menggunakan metode De Garmo.

Hasil: Terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar formulasi pada kandungan energi, protein, karbohidrat, lemak, abu, magnesium, dan kalium. Formulasi F3 terpilih sebagai formulasi terbaik karena memiliki kualitas gizi paling unggul, terutama pada protein dan mineral elektrolit, sedangkan uji organoleptik menunjukkan bahwa F1 memiliki tingkat penerimaan sensoris tertinggi.

Kesimpulan: Bolu kukus berbasis tepung biji kecipir dan pati garut dengan formulasi F3 berpotensi menjadi *sport food* lokal yang kaya protein dan mineral penting bagi atlet untuk menjaga energi, fungsi otot, dan keseimbangan elektrolit.

Kata Kunci:

Biji kecipir, kalium, magnesium, pati garut, *sport food*

Pendahuluan

Exercise-Associated Muscle Cramps (EAMC) atau kram otot sering dialami pada atlet, ditandai dengan kontraksi otot secara tiba-tiba yang menimbulkan rasa nyeri dan sulit dikendalikan. Kondisi ini dapat terjadi saat maupun setelah aktivitas fisik, dengan angka kejadian yang bervariasi antar cabang olahraga (Troyer et al., 2020). Berdasarkan Veniamakis et al. (2022), kejadian EAMC pada pelari marathon dan ultramarathon tercatat sebesar 14-41%, Ironman triathlon 23%, pesepeda 60%, serta atlet American football 30-35%.

Saat ini, teori kontrol neuromuscular dianggap sebagai penyebab utama EAMC. Namun, ketidakseimbangan elektrolit akibat kehilangan keringat pada olahraga berdurasi panjang dan intensitas tinggi tetap berperan penting. Kehilangan elektrolit dapat meningkatkan rangsangan aktivitas saraf dan menambah tekanan mekanis pada ujung saraf motorik yang memicu kram otot (Miller et al., 2021). Hal ini menegaskan bahwa ketersediaan elektrolit yang adekuat penting dalam upaya pencegahan EAMC.

Magnesium merupakan mineral elektrolit yang berperan penting dalam fungsi neuromuskular dan kontraksi otot. Sebuah tinjauan sistematis terhadap 14 penelitian menunjukkan bahwa meskipun atlet memiliki asupan magnesium yang tinggi dan ekskresi urin lebih banyak, kadar magnesium serum mereka justru lebih rendah yang menandakan bahwa kebutuhan magnesium atlet lebih besar (Zhang et al., 2023). Namun, dalam hasil meta-analisis terhadap 31 studi melaporkan bahwa mayoritas atlet atau individu yang aktif secara fisik belum mencapai asupan magnesium berdasarkan

kecukupan gizi yang disarankan (Maeda et al., 2022).

Selain magnesium, kalium juga merupakan mineral elektrolit penting yang berperan dalam menjaga fungsi otot, keseimbangan cairan, serta transmisi impuls saraf. Asupan kalium yang cukup membantu mempertahankan kontraksi otot dengan normal serta menurunkan terjadinya kram dan kelelahan otot. Meskipun defisiensi kalium relatif jarang, pemenuhan kebutuhan kalium tetap penting (Ayaz et al., 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa strategi pemenuhan elektrolit melalui pangan fungsional menjadi pendekatan yang relevan bagi atlet.

Salah satu bahan pangan lokal alami yang berpotensi adalah biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*), tanaman legum tropis yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Biji kecipir memiliki kandungan gizi yang relatif lengkap dan sebanding dengan kacang-kacangan lain, serta kandungan magnesium (178-372 mg/100 g) dan kalium (100-1090 mg/100 g) dalam jumlah yang cukup tinggi. Namun, hingga saat ini pemanfaatannya masih terbatas (Bepary et al., 2023). Di samping biji kecipir, pati garut sebagai sumber karbohidrat lokal diperlukan sebagai pendukung penyedia energi.

Penelitian oleh Afandi (2023) menunjukkan bahwa pati garut (*Maranta arundinacea*) merupakan sumber karbohidrat lokal dengan aktivitas antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan, menjadikannya kandidat ideal sebagai pangan fungsional yang mendukung pemulihan energi selama aktivitas fisik intens. Oleh karena itu, kombinasi biji kecipir dan pati garut berpotensi menghasilkan produk *sport food* berbasis pangan lokal yang tidak hanya menyediakan energi, tetapi

juga berkontribusi terhadap pemenuhan mineral penting atlet.

Penelitian terdahulu umumnya mengkaji biji kecipir dan pati garut secara terpisah sebagai sumber protein nabati dan karbohidrat kompleks. Hingga saat ini, belum ada penelitian yang mengombinasikan kedua bahan lokal tersebut dalam satu produk olahan, maupun secara spesifik mengevaluasi kandungan mineral, khususnya magnesium dan kalium dalam konteks *sport food* dalam bentuk produk populer seperti bolu kukus.

Keterbatasan pilihan *sport food* lokal yang teruji secara gizi dan sensoris membuat pengembangan produk baru menjadi penting untuk mendukung pemenuhan elektrolit atlet serta menunjang performa dan pemulihan. Penelitian ini memberikan kebaruan melalui formulasi bolu kukus berbasis tepung biji kecipir dan pati garut sebagai *sport food* lokal, serta evaluasi kandungan magnesium dan kalium sebagai elektrolit kunci.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kandungan gizi, magnesium dan kalium pada formulasi bolu kukus berbasis tepung biji kecipir dan pati garut sebagai alternatif *sport food* lokal yang berpotensi mendukung fungsi otot dan hidrasi pada atlet.

Metode

Desain, tempat, dan waktu

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL). Desain ini dipilih karena unit percobaan bersifat homogen dengan satu faktor perlakuan, berupa perbedaan proporsi tepung biji kecipir dan pati garut. Terdiri atas tiga formulasi, yaitu F1 (25%:75%), F2 (50%:50%), dan F3 (75%:25%). Rincian formulasi setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi pembuatan bolu kukus

Bahan (g)	Perlakuan		
	F1	F2	F3
Tepung Biji Kecipir	15	25	35
Tepung Pati Garut	35	25	15
Telur	50	50	50
Gula Aren	50	50	50
SP (<i>Emulsifier</i>)	2,5	2,5	2,5
<i>Baking Powder</i>	1	1	1
Vanili	1	1	1
Garam	0,3	0,3	0,3
Margarin	20	20	20

Pembuatan produk dan uji mutu hedonik bolu kukus berbasis tepung biji kecipir dan pati garut dilaksanakan di Laboratorium Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta. Sedangkan uji kandungan gizi, magnesium, dan kalium dilakukan di Laboratorium Saraswanti Indo Genetech, Bogor. Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan dimulai dari bulan Juni hingga Agustus 2025.

Pembuatan Bolu Kukus

Pembuatan bolu kukus diawali dengan perlakuan awal tepung biji kecipir melalui proses pengukusan bersama kayu manis selama ± 15 menit untuk mengurangi bau langu dan rasa pahit, kemudian didinginkan hingga suhu ruang. Adonan disiapkan dengan mengocok telur, gula aren, SP, vanili, *baking powder*, dan garam hingga mengembang, kemudian tambahkan margarin. Campurkan tepung biji kecipir dan pati garut secara bertahap dan aduk hingga homogen. Adonan dituangkan ke dalam loyang dan dikukus selama ± 15 menit.

Jenis dan cara pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui uji organoleptik. Pengujian dilakukan meliputi uji mutu hedonik berdasarkan parameter wana, tekstur, aroma, dan rasa menggunakan skala hedonik sembilan poin, yaitu 1 (amat sangat tidak suka), 2 (sangat tidak suka), 3 (tidak suka), 4 (agak tidak suka), 5 (netral/biasa), 6 (agak suka), 7 (suka), 8 (sangat suka), dan 9 (amat sangat suka). Jumlah panelis pada uji organoleptik sebanyak 30 orang, sesuai dengan ketentuan Badan Standardisasi Nasional (BSN, 2006). Merupakan panelis semi terlatih yang terdiri atas mahasiswa Program Studi Gizi Program Sarjana Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta. Kriteria inklusi meliputi kondisi sehat; tidak memiliki gangguan indra penglihatan, penciuman, dan peraba; tidak mengalami gangguan psikologis; tidak memiliki alergi; serta bersedia terlibat sebagai panelis. Kriteria eksklusi adalah panelis yang tidak menyelesaikan pengujian hingga selesai. Sementara itu, data kandungan gizi diperoleh melalui analisis karakteristik kimia yang meliputi uji proksimat, magnesium, dan kalium. Metode analisis yang digunakan meliputi penentuan kadar air dengan metode SNI 01-2891-1992 butir 5.1, kadar abu dengan metode SNI 01-2891-1992 butir 6.1, energi total dengan metode 18-8-9/MU/SMM-SIG (perhitungan), protein dengan metode 18-8-

31/MU (Titrimetri), karbohidrat dengan metode 18-8-9/MU (perhitungan), lemak dengan metode 18-8-5/MU (Gravimetri), magnesium dan kalium dengan metode 18-13-1/MU (ICP-OES). Setiap pengujian menggunakan sampel sebanyak 300 gram, dilakukan pada tiga taraf perlakuan dengan dua kali pengulangan untuk meningkatkan konsistensi dan reliabilitas data.

Pengolahan dan analisis data

Seluruh data dianalisis dengan memanfaatkan aplikasi Microsoft Excel dan IBM SPSS *Statistic* 25. Data dianalisis menggunakan uji *One Way ANOVA* dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05. Sebelum dilakukan ANOVA data terlebih dahulu diuji prasyarat meliputi uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk dan uji homogenitas varians menggunakan uji Levene. Jika hasil menunjukkan perbedaan yang signifikan (p -value < 0,05), analisis dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range* (DMRT).

Penentuan formula terpilih ditentukan menggunakan metode De Garmo melalui pembobotan parameter berdasarkan tingkat kepentingan dengan mempertimbangkan aspek kandungan gizi dan mutu sensoris produk. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan (*ethical approval*) dari KEPK Universitas Prima Indonesia (Nomor: 063/KEPK/UNPRI/VIII/2025).

Hasil

Karakteristik Kimia

Pengukuran dianalisis untuk menggambarkan perubahan kandungan gizi dari perbedaan formulasi. Dilakukan melalui analisis proksimat yang mencakup kadar air, abu, energi, protein, karbohidrat, dan lemak, serta analisis mineral magnesium, dan kalium. Analisis dilakukan pada ketiga taraf formula bolu kukus, yaitu F1, F2, dan F3 dengan hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan gizi bolu kukus tepung biji kecipir dan tepung pati garut

Parameter	Perlakuan			<i>p</i> -value
	F1	F2	F3	
Air (%)	29,55 ± 0,36 ^a	29,63 ± 0,40 ^a	28,86 ± 0,62 ^a	0,094
Abu (%)	1,6 ± 0,057 ^a	1,895 ± 0,025 ^b	2,11 ± 0,040 ^c	0,000**
Energi (kkal/100g)	338,53 ± 5,25 ^a	346,16 ± 2,27 ^b	350,12 ± 5,71 ^b	0,019*
Protein (%)	6,64 ± 0,14 ^a	8,68 ± 0,36 ^b	9,88 ± 1,18 ^c	0,000**
Karbohidrat (%)	49,56 ± 0,64 ^a	45,33 ± 0,74 ^b	44,33 ± 1,49 ^b	0,000**
Lemak (%)	12,63 ± 0,77 ^a	14,45 ± 0,19 ^b	14,80 ± 0,72 ^b	0,002**
Magnesium (mg/100g)	57,31 ± 2,47 ^a	77,54 ± 1,48 ^b	89,53 ± 0,72 ^c	0,000**
Kalium (mg/100g)	264,26 ± 2,75 ^a	272,53 ± 1,57 ^b	344,68 ± 5,29 ^c	0,000**

^{a, b, d} = notasi huruf serupa pada baris yang sama berarti tidak ada perbedaan signifikan berdasarkan uji Duncan ($p > 0,05$)

* = parameter dengan perbedaan signifikan berdasarkan uji ANNOVA ($p < 0,05$)

** = parameter dengan perbedaan sangat signifikan berdasarkan uji ANNOVA ($p < 0,01$)

Perbedaan proporsi tepung biji kecipir dan pati garut memberikan pengaruh yang nyata terhadap sebagian besar karakteristik kimia. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa kadar abu, energi, protein, karbohidrat, lemak, magnesium, dan kalium berbeda signifikan antar formulasi ($p < 0,05$), sedangkan kadar air tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar formulasi ($p > 0,05$). Pola ini mengindikasikan bahwa perbandingan tepung biji kecipir dan tepung pati garut berperan penting dalam menentukan nilai gizi bolu kukus.

Kadar air relatif seragam pada seluruh formulasi, menunjukkan bahwa variasi proporsi tepung biji kecipir dan tepung pati garut tidak memengaruhi kelembapan produk secara nyata. Sementara itu, kadar abu menunjukkan

peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya proporsi tepung biji kecipir. Formulasi F3 memiliki kadar abu tertinggi, diikuti F2, dan terendah pada F1. Peningkatan ini mencerminkan kontribusi mineral yang lebih besar dari tepung biji kecipir dibandingkan pati garut.

Nilai energi bolu kukus meningkat sejalan dengan bertambahnya proporsi tepung biji kecipir, dengan formulasi F3 memiliki nilai tertinggi. Peningkatan ini berkaitan erat dengan kenaikan kandungan protein dan lemak dari tepung biji kecipir. Selanjutnya, kadar protein meningkat secara signifikan dari F1 hingga F3, menunjukkan bahwa formulasi dengan proporsi tepung biji kecipir lebih tinggi menghasilkan densitas protein

yang lebih besar. Peningkatan protein ini relevan untuk mendukung kebutuhan atlet.

Sebaliknya, kadar karbohidrat menunjukkan tren penurunan seiring meningkatnya proporsi tepung biji kecipir dan berkurangnya pati garut. Formulasi F1 dengan kandungan pati garut lebih tinggi menghasilkan kadar karbohidrat yang lebih besar, mengingat pati garut merupakan sumber utama karbohidrat kompleks. Penurunan ini menunjukkan adanya pergeseran komposisi makronutrien pada produk.

Kadar lemak meningkat seiring bertambahnya proporsi tepung biji kecipir, dengan nilai tertinggi pada formulasi F3. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan lemak dominan berasal dari kandungan lemak alami tepung biji kecipir. Kontribusi lemak ini berperan sebagai sumber energi tambahan yang penting bagi atlet, terutama dalam aktivitas dengan durasi menengah hingga panjang.

Pada kandungan mineral, magnesium dan kalium menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring bertambahnya proporsi tepung biji kecipir.

Formulasi F3 menunjukkan nilai tertinggi yang menegaskan bahwa tepung biji kecipir merupakan sumber mineral utama. Peningkatan kedua mineral ini berpotensi mendukung keseimbangan elektrolit yang penting bagi atlet selama aktivitas fisik.

Secara keseluruhan, tepung biji kecipir berperan dominan dalam meningkatkan sebagian besar kandungan gizi, sedangkan pati garut berkontribusi terhadap kandungan karbohidrat produk. Formulasi dengan proporsi tepung biji kecipir yang lebih tinggi menunjukkan peningkatan protein, energi, serta mineral magnesium dan kalium, yang mencerminkan peningkatan gizi produk yang relevan untuk mendukung kebutuhan atlet.

Uji Mutu Hedonik

Analisis karakteristik sensoris produk meliputi parameter warna, tekstur, aroma, dan rasa. Analisis dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap bolu kukus pada ketiga taraf formulasi. Hasil penilaian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji mutu hedonik bolu kukus tepung biji kecipir dan tepung pati garut

Parameter	Perlakuan			p-value
	F1	F2	F3	
Warna	6,27 ± 1,258 ^a	6,00 ± 1,390 ^a	5,67 ± 1,422 ^a	0,236
Tekstur	6,53 ± 1,252 ^a	5,93 ± 1,484 ^a	4,87 ± 1,383 ^b	0,000**
Aroma	6,43 ± 1,569 ^a	5,27 ± 1,741 ^b	5,50 ± 1,871 ^b	0,026*
Rasa	7,00 ± 1,800 ^a	5,70 ± 1,841 ^b	5,37 ± 1,752 ^b	0,002**

^{a, b, d} = notasi huruf serupa pada baris yang sama berarti tidak ada perbedaan signifikan berdasarkan uji Duncan ($p > 0,05$)

* = parameter dengan perbedaan signifikan berdasarkan uji ANNOVA ($p < 0,05$)

** = parameter dengan perbedaan sangat signifikan berdasarkan uji ANNOVA ($p < 0,01$)

Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada parameter tekstur, aroma, dan rasa antar ketiga formulasi ($p < 0,05$). Sebaliknya, parameter warna tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p > 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi proporsi tepung biji kecipir dan pati garut lebih memengaruhi karakteristik sensori yang berkaitan dengan cita rasa dan struktur produk dibandingkan penampakan visual.

Pada parameter warna, tingkat kesukaan panelis relatif sama pada seluruh formulasi, menunjukkan bahwa perubahan proporsi tepung biji kecipir dan pati garut tidak memberikan pengaruh nyata pada penampakan bolu kukus. Sementara itu, pada parameter tekstur dan rasa, formulasi F1 memperoleh tingkat kesukaan tertinggi, sedangkan F3 terendah.

Berbeda pada parameter aroma, F1 tetap memperoleh tingkat kesukaan tertinggi, namun F2 menunjukkan tingkat kesukaan terendah. Menandakan bahwa peningkatan proporsi tepung biji kecipir hingga batas tertentu dapat memperbaiki aroma, tetapi pada proporsi lebih tinggi justru menurunkan penerimaan panelis. Hasil ini mengindikasikan bahwa formulasi dengan proporsi tepung biji kecipir yang lebih rendah cenderung lebih diterima secara sensoris.

Takaran Saji dan Nilai Gizi

Formulasi terpilih (F3) selanjutnya digunakan untuk penetapan takaran saji. Takaran saji bolu kukus ditetapkan sebesar 50 g per sajian. Nilai gizi per takaran saji serta kontribusinya terhadap Angka Kecukupan Gizi (AKG) disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai gizi bolu kukus tepung biji kecipir dan tepung pati garut per takaran saji 50 g

Zat Gizi	Kandungan Gizi/100 g	Kandungan Gizi/Takaran Saji	Angka Kecukupan Gizi	% AKG/Takaran Saji
Energi (kkal)	350,12	175,06	2150	8,14
Protein (g)	9,88	4,94	60	8,23
Karbohidrat (g)	44,33	22,17	325	6,82
Lemak (g)	14,8	7,40	67	11,04
Magnesium (mg)	89,53	44,77	350	12,79
Kalium (mg)	344,68	172,34	4700	3,67

AKG mengacu pada Acuan Label Gizi (BPOM, 2016)

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai gizi per takaran saji menunjukkan bahwa bolu kukus formulasi F3 berkontribusi terhadap pemenuhan energi, makronutrien, dan mineral harian. Kontribusi terbesar berasal dari lemak dan magnesium, sedangkan energi, protein, karbohidrat, dan kalium berada pada kisaran sedang hingga rendah.

Pembahasan

Variasi kecil pada nilai kadar air tidak berkaitan dengan perbedaan proporsi tepung biji kecipir dan tepung pati garut. Kadar air produk pangan umumnya lebih ditentukan oleh kondisi pemasakan dan lingkungan penyimpanan dibandingkan jenis bahan baku itu sendiri (Melese & Keyata, 2022). Kontrol proses yang konsisten, termasuk suhu dan kelembaban selama pengolahan serta penyimpanan berperan penting dalam menjaga stabilitas kadar air, yang menentukan pertumbuhan mikroba, tekstur, dan umur simpan (Madhumathy, 2021).

Peningkatan kadar abu mencerminkan total mineral dalam sampel, sehingga kadar abu pada hasil konsisten dengan kandungan mineral biji kecipir yang termasuk tinggi (Bassal et al., 2020; Bepary et al., 2023). Ini mendukung bahwa pengayaan tepung biji kecipir meningkatkan kandungan mineral dalam bolu kukus, yang potensial meningkatkan fungsi elektrolit pada atlet yang membutuhkan keseimbangan mineral.

Peningkatan energi dapat dikaitkan dengan kandungan protein dan lemak yang relatif lebih tinggi pada tepung biji kecipir dibandingkan tepung pati garut yang dominan karbohidrat. Menurut Ho et al. (2024), lemak memberikan energi lebih padat (9 kkal/g) dibandingkan karbohidrat dan protein (4 kkal/g), sehingga penggantian sebagian pati dengan bahan tinggi protein dan lemak meningkatkan energi total.

Biji kecipir merupakan sumber protein nabati berkualitas yang secara komposisi asam amino juga baik dibandingkan sebagian legum lain dan dapat disetarakan dengan kedelai. Kandungan protein bijinya dilaporkan berkisar antara 27,2% hingga 45,02%. Jika ditinjau dari komposisi asam amino esensial pada biji kecipir seperti histidin, isoleusin, tirosin, treonin, dan valin ditemukan lebih tinggi dibandingkan kedelai, sedangkan kandungan fenilalanin dan metionin relatif lebih rendah (Bepary et al., 2023). Ini penting dalam formulasi *sport food* karena protein berperan dalam pemulihan otot setelah aktivitas berat.

Penurunan kadar karbohidrat seiring berkurangnya proporsi tepung pati garut terjadi karena pati garut merupakan sumber karbohidrat utama dalam produk. Selain itu, substitusi dengan bahan non-pati turut memengaruhi komposisi karbohidrat dalam produk menjadi lebih rendah (Malki et al., 2023). Karbohidrat penting dalam *sport food* karena disimpan sebagai glikogen di otot dan hati, lalu dipecah menjadi glukosa untuk energi cepat selama latihan atau pertandingan intens, sekaligus membantu mempertahankan performa atlet (Cao et al., 2025). Sehingga, untuk olahraga yang membutuhkan energi cepat, formulasi ini dapat ditambah dengan sumber karbohidrat seperti maltodekstrin atau buah kering agar energi tetap tercukupi.

Bijian legumes (kacang-kacangan) secara alami mengandung sejumlah lemak, meskipun umumnya tidak tinggi dibanding sumber lemak lain (Guan et al., 2022). Penelitian Mendes de Souza Mesquita et al. (2025) melaporkan bahwa produk roti dengan penambahan tepung biji bunga matahari yang sebagian lemak telah dihilangkan dapat memengaruhi sebaran lemak, karena tepung ini masih menyisakan lemak residu yang dapat berkontribusi pada karakteristik produk akhir. Dengan demikian, temuan tersebut menguatkan bahwa penggunaan bahan biji-bijian, dapat

signifikan memberikan kontribusi kandungan lemak. Lemak berperan dalam memberikan rasa kenyang, tetapi pada *sport food* perlu diperhatikan karena dapat memperlambat pengosongan lambung, menunda energi cepat, dan berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan gastrointestinal (Eseonu et al., 2022).

Kenaikan kadar mineral pada formulasi bolu kukus ini sejalan dengan ulasan Bepary et al. (2023) mengenai biji kecipir, yang digolongkan sebagai legum dengan kandungan mineral makro cukup tinggi, termasuk magnesium. Dalam tinjauannya, penulis menekankan bahwa biji kecipir kaya akan mineral penting seperti Mg, Fe, Ca, serta K sehingga penggunaannya sebagai bahan substitusi dalam produk pangan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kandungan mineral pada produk akhir (Bepary et al., 2023). Hasil ini sangat relevan dalam konteks keseimbangan elektrolit dan fungsi otot, terutama pada atlet dengan kebutuhan elektrolit lebih tinggi. (Bassal et al., 2020)

Perubahan warna yang sedikit lebih gelap pada F3 dikaitkan dengan keberadaan pigmen alami yang terkandung dalam biji kecipir, khususnya senyawa fenolik seperti tanin (Singh et al., 2022). Selain itu, kontribusi gula aren dalam memberikan warna coklat pada produk akhir, yang semakin dipertegas oleh terbentuknya reaksi pencoklatan non-enzimatis (*Maillard reaction*) selama proses pemanasan (El Hosry et al., 2025). Secara sensoris, perubahan warna tidak signifikan menurut panelis dan menunjukkan toleransi visual yang baik.

Penurunan tekstur dengan bertambahnya proporsi tepung biji kecipir dapat dikaitkan dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan tepung berbasis biji dengan kandungan protein dan serat tinggi dapat memengaruhi tekstur. Studi pada kue bolu yang diformulasikan dengan lendir biji rami dan tepung biji rami melaporkan adanya peningkatan kekerasan remah dan penurunan volume akibat viskositas adonan lebih tinggi (Ahmadinia et al., 2023). Dengan demikian, peningkatan penggunaan tepung biji kecipir dapat berdampak pada penurunan kualitas tekstur bolu kukus.

Berdasarkan nilai Aroma dan rasa, produk bolu kukus tepung biji kecipir dan tepung pati garut memiliki aroma khas, yang berasal dari senyawa volatil alami pada biji kecipir. Studi pada kue yang menggunakan substitusi sebagian tepung

terigu dengan tepung legum menunjukkan bahwa tepung legum dapat memengaruhi profil aroma produk, menghasilkan karakter *beany*, *green*, atau *earthy*, yang pada beberapa kasus berdampak negatif pada tingkat kesukaan keseluruhan (Heetesonne et al., 2024). Begitu juga dengan rasa, temuan ini sejalan dengan studi oleh Nurhayati et al. (2025) yang menunjukkan bahwa substitusi tepung legum seperti tepung kacang hijau dalam produk *bakery* dapat menurunkan skor *overall acceptability* pada proporsi substitusi yang lebih tinggi akibat perubahan rasa yang kurang disukai panelis. Komposisi bahan yang tepat antara tepung biji kecipir dan tepung pati garut sangat berpengaruh pada rasa bolu kukus. Hasil ini menunjukkan bahwa formulasi dengan komposisi seimbang menghasilkan rasa yang paling disukai.

Formulasi Terpilih Bolu Kukus

Dalam penelitian ini, penentuan formulasi terbaik dilakukan menggunakan metode De Garmo dengan mempertimbangkan nilai karakteristik kimia maupun sensoris sebagai dasar utama dalam pemilihan formulasi. Bobot penilaian tiap parameter ditetapkan secara berbeda, disesuaikan dengan perannya dalam mendukung fungsi utama bolu kukus sebagai inovasi *sport food*. Kandungan mineral seperti magnesium dan kalium memperoleh bobot besar karena berperan penting dalam menjaga keseimbangan elektrolit dan mencegah kram otot pada atlet. Sementara itu, kandungan gizi makro seperti protein dan karbohidrat juga menjadi prioritas utama karena dibutuhkan untuk pemulihan energi dan perbaikan jaringan. Faktor organoleptik, seperti tekstur dan rasa, turut dipertimbangkan karena berpengaruh terhadap tingkat penerimaan konsumen, sehingga formulasi yang dipilih tidak hanya bernilai gizi tinggi tetapi juga memiliki daya terima yang baik.

Berdasarkan penilaian menggunakan metode De Garmo, formulasi F3 terpilih sebagai yang terbaik karena menunjukkan hasil tertinggi, diikuti oleh F2 dan F1. Komposisi F3 dengan perbandingan tepung biji kecipir 75% dan tepung pati garut 25%, yang memanfaatkan tepung biji kecipir dalam jumlah lebih besar, terbukti memberikan keunggulan pada hampir seluruh parameter yang diuji. Kandungan mineral seperti magnesium dan kalium yang lebih tinggi, bersamaan dengan kadar protein yang lebih baik, membuat F3 unggul dari segi kandungan gizi. Meskipun kadar karbohidrat dan sensoris pada F3

relatif lebih rendah dibanding F1, namun kontribusi zat gizi makro dan mikro lain yang penting bagi kebutuhan atlet justru lebih menonjol sehingga meningkatkan skor keseluruhan.

Takaran Saji dan Nilai Gizi Bolu Kukus

Takaran saji merupakan jumlah makanan olahan yang umumnya dikonsumsi dalam satu kali makan. Ukuran ini biasanya dinyatakan dalam satuan metrik dan juga dapat dilengkapi dengan ukuran rumah tangga yang lebih familiar (BPOM RI, 2020). Berdasarkan standar bar olahraga, umumnya memiliki kisaran berat saji 25-60 g (dapat berupa satu hingga dua porsi) dan dibagi ke dalam beberapa subkelompok. Pada subkelompok ketiga bar olahraga memiliki kandungan >30 g karbohidrat, 6 g lemak, dan 5 g protein (Martínez-Sanz et al., 2020). Mengacu pada karakteristik tersebut, takaran saji untuk produk bolu kukus tepung biji kecipir dan tepung pati garut untuk satu porsi ditetapkan sebesar 50 g.

Jika dibandingkan dengan kriteria bar olahraga tersebut, produk ini masih berada di bawah syarat minimal. Kandungan karbohidrat produk masih berada dibawah, sementara kadar protein sudah mendekati ketentuan, dan lemak bahkan melebihi batas minimal. Berdasarkan hasil perhitungan terhadap AKG, satu porsi bolu kukus F3 menyumbang pemenuhan zat gizi dalam kisaran sedang hingga tinggi (3–12%), dengan kontribusi paling signifikan berasal dari lemak dan magnesium.

Secara spesifik, satu porsi bolu kukus menyediakan 175,06 kkal energi (8,14% AKG), 4,94 g protein (8,23% AKG), 22,17 g karbohidrat (6,82% AKG), 7,40 g lemak (11,04% AKG), 44,77 mg magnesium (12,79% AKG), dan 172,34 mg kalium (3,67% AKG). Meski kontribusi kalium ini tidak terlalu besar, keberadaannya tetap penting, terutama bagi atlet, karena berperan dalam menjaga fungsi otot, menyeimbangkan cairan dan elektrolit tubuh, serta mengurangi risiko kelelahan akibat penumpukan asam laktat (Ayaz et al., 2024). Meskipun memberikan temuan yang relevan, penelitian ini masih terbatas oleh panelis yang homogen, belum dilakukannya pengujian *shelf-life*, serta analisis indeks glikemik, sehingga penilaian sensoris dan efektivitas produk terhadap atlet belum sepenuhnya tervalidasi.

Kesimpulan

Formulasi F3 (75% tepung biji kecipir : 25% pati garut) memberikan keunggulan sebagai inovasi

sport food dengan kandungan protein, magnesium, dan kalium yang penting bagi atlet untuk menjaga energi, fungsi otot, dan keseimbangan elektrolit. Secara sensoris produk menunjukkan penerimaan yang baik. Produk ini berpeluang diaplikasikan dalam program edukasi gizi, pelatihan pengolahan pangan berbasis masyarakat, serta pengembangan UMKM pangan lokal sebagai alternatif *sport food* yang terjangkau dan berkelanjutan. Untuk meningkatkan kesesuaian sebagai produk *sport food*, disarankan modifikasi formulasi agar kandungan karbohidrat lebih optimal, uji daya terima dilakukan pada panelis yang lebih beragam, serta pengujian *shelf-life* dan indeks glikemik dilakukan untuk menjamin keamanan, kualitas, dan efektivitas produk bagi atlet.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dengan pihak manapun dalam penyusunan ini

Daftar Rujukan

- Afandi, F. (2023). Potensi sumber karbohidrat indonesia sebagai ingridien pangan fungsional dengan kadar pati resisten dan aktivitas antioksidan tinggi. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology*, 3(1), 40–57. <https://doi.org/10.33830/fsj.v3i1.4989.2023>
- Ahmadinia, F., Mohtarami, F., Esmaili, M., & Pirsá, S. (2023). Investigation of physicochemical and sensory characteristics of low calorie sponge cake made from flaxseed mucilage and flaxseed flour. *Scientific Reports*, 13(1), 20949. <https://doi.org/10.1038/S41598-023-47589-5>
- Ayaz, A., Zaman, W., Radák, Z., & Gu, Y. (2024). Green strength: The role of micronutrients in plant-based diets for athletic performance enhancement. *Heliyon*, 10(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32803>
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2006). Petunjuk pengujian organoleptik dan atau sensoris (SNI 01-2346-2006). *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional*.
- Bassal, H., Merah, O., Ali, A. M., Hijazi, A., & Omar, F. El. (2020). Psophocarpus tetragonolobus:

- An underused species with multiple potential uses. *Plants*, 9(12), 1730. <https://doi.org/10.3390/PLANTS9121730>
- Bepary, R. H., Roy, A., Pathak, K., & Deka, S. C. (2023). Biochemical composition, bioactivity, processing, and food applications of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*): A review. *Legume Science*, 5(3), e187. <https://doi.org/10.1002/LEG3.187>
- BPOM. (2016). Peraturan kepala badan pengawas obat dan makanan (BPOM) no. 9 tahun 2016 tentang acuan label gizi. *Peraturan BPOM*.
- BPOM RI. (2020). Peraturan badan pengawas obat dan makanan nomor 16 tahun 2020 tentang pencantuman informasi nilai gizi untuk pangan olahan yang diproduksi oleh usaha mikro dan usaha kecil. *Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia*, 1–32.
- Cao, W., He, Y., Fu, R., Chen, Y., Yu, J., & He, Z. (2025). A review of carbohydrate supplementation approaches and strategies for optimizing performance in elite long-distance endurance. *Nutrients* 2025, 17(5), 918. <https://doi.org/10.3390/NU17050918>
- Chen, Y., Liu, Y., & Feng, X. (2023). Food perception: Taste, smell and flavour. *Foods* 2023, 12(19), 3628. <https://doi.org/10.3390/FOODS12193628>
- El Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A., & Bou-Maroun, E. (2025). Maillard reaction: Mechanism, influencing parameters, advantages, disadvantages, and food industrial applications: a review. *Foods*, 14(11), 1881. <https://doi.org/10.3390/FOODS14111881>
- Eseonu, D., Su, T., Lee, K., Chumpitazi, B. P., Shulman, R. J., & Hernaez, R. (2022). Dietary interventions for gastroparesis: A systematic review. *Advances in Nutrition*, 13(5), 1715. <https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMAC037>
- Guan, C., Long, X., Long, Z., Lin, Q., & Liu, C. (2022). Legumes flour: a review of the nutritional properties, physiological functions and application in extruded rice products. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 300–314. <https://doi.org/10.1111/IJFS.16005>
- Heetesonne, I., Claus, E., De Leyn, I., Dewettinck, K., Camerlinck, M., Schouteten, J. J., & Van Bockstaele, F. (2024). Characterization of pulse-containing cakes using sensory evaluation and instrumental analysis. *Foods*, 13(22), 3575. <https://doi.org/10.3390/FOODS13223575/S1>
- Ho, D. K. N., Liao, Y. C., Mayasari, N. R., Chien, M. M., Chung, M., Bai, C. H., Huang, Y. L., Chen, Y. C., Tseng, S. H., Chang, C. C., Chiu, W. C., Sangopas, P., Tseng, H. T., Kao, J. W., Ngu, Y. J., & Chang, J. S. (2024). The effects of dietary macronutrient composition on resting energy expenditure following active weight loss: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 25(8). <https://doi.org/10.1111/OBR.13760>
- Madhumathy S. (2021). Water activity and its impact on food stability. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 10, 832–851.
- Maeda, T., Hamada, Y., Funakoshi, S., Hoshi, R., Tsuji, M., Narumi-Hyakutake, A., Matsumoto, M., Kakutani, Y., Hatamoto, Y., Yoshimura, E., Miyachi, M., & Takimoto, H. (2022). Determination of optimal daily magnesium intake among physically active people: A scoping review. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 68(3), 189–203. <https://doi.org/10.3177/jnsv.68.189>
- Malki, M. K. S., Wijesinghe, J. A. A. C., Ratnayake, R. H. M. K., & Thilakarathna, G. C. (2023). Characterization of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch as a potential starch source for the food industry. *Heliyon*, 9(9), e20033. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E20033>
- Martínez-Sanz, J. M., Menal-Puey, S., Sospedra, I., Russolillo, G., Norte, A., & Marques-Lopes, I. (2020). Development of a sport food exchange list for dietetic practice in sport nutrition. *Nutrients*, 12(8), 2403. <https://doi.org/10.3390/NU12082403>
- Melese, A. D., & Keyata, E. O. (2022). Effects of blending ratios and baking temperature on physicochemical properties and sensory acceptability of biscuits prepared from pumpkin, common bean, and wheat composite flour. *Heliyon*, 8(10), e10848. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E10848>

- Mendes de Souza Mesquita, L., Aguiar, E. V., Contieri, L. S., Togni, V. B., Forli, B. C. A., Sanches, V. L., Santos, F. G., da Silva, L. G. S., Fernandes, D. M., Capriles, V. D., & Rostagno, M. (2025). Repurposing sunflower seed flour for nutritional and functional high-protein breads within a circular economy framework. *ACS Food Science & Technology*, 5(4), 1425–1435. <https://doi.org/10.1021/ACSFOODSCITECH.4C01008>
- Miller, K. C., McDermott, B. P., Yeargin, S. W., Fiol, A., & Schwellnus, M. P. (2021). An evidence-based review of the pathophysiology, treatment, and prevention of exercise-associated muscle cramps. *Journal of Athletic Training*, 57(1), 5. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0696.20>
- Nurhayati, A., Patriasih, R., Mahmudatussa'adah, A., Muktiarni, M., & Nur Hayanti, D. (2025). Sustainable innovation in choux pastry technology: Mung bean flour incorporation for enhanced nutritional and sensory properties with consumer acceptance evaluation. *Food and Humanity*, 6(1), 100929. <https://doi.org/10.1016/J.FOOHUM.2025.100929>
- Singh, V., Lone, R. A., Kumar, V., & Mohanty, C. S. (2022). Reducing the biosynthesis of condensed tannin in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) by virus-induced gene silencing of anthocyanidin synthase (ANS) gene. *3 Biotech*, 13(1), 16. <https://doi.org/10.1007/S13205-022-03435-5>
- Troyer, W., Render, A., & Jayanthi, N. (2020). Exercise-associated muscle cramps in the tennis player. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13(5), 612. <https://doi.org/10.1007/S12178-020-09662-8>
- Veniamakis, E., Kaplanis, G., Voulgaris, P., & Nikolaidis, P. T. (2022). Effects of sodium intake on health and performance in endurance and ultra-endurance sports. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3651–3651. <https://doi.org/10.3390/IJERPH19063651>
- Zhang, H., Wang, R., Guo, S., Tian, Q., Zhang, S., Guo, L., Liu, T., & Wang, R. (2023). Lower serum magnesium concentration and higher 24-h urinary magnesium excretion despite higher dietary magnesium intake in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Food Science and Human Wellness*, 12(5), 1471–1480. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2023.02.015>