Original Research

jurnal SAGO gizi dan kesehatan

Karakteristik gizi dan pati resisten flakes berbasis tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga

Nutritional characteristics and resistant starch content of flakes made from modified saba banana, mung bean, and dragon fruit peel flours

SAGO: Gizi dan Kesehatan
2026, Vol. 7(3) 781-790
© The Author(s) 2026
DOI: http://dx.doi.org/10.30867/gikes.v7i3.3282
https://ejournal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/gikes
Poltekkes Kemenkes Aceh

Dhiya Fauziyyah[1], Astrid Noviana[2*]

Abstract

Background: The International Diabetes Federation reported that in 2025, the number of people with diabetes mellitus in Indonesia reached approximately 20.4 million. An appropriate dietary strategy could be implemented by consuming foods rich in dietary fiber and resistant starch, such as saba banana, mung bean, and dragon fruit peel, which have the potential to help control blood glucose levels.
Objectives: This research purpose to analyze the composition and resistant starch content of the formulated flakes and to determine the selected formulation based on predetermined criteria.
Methods: The present experiment took place in 2025 at the Culinary Laboratory, Faculty of Medicine, Universitas Negeri Semarang. A Completely Randomized Design (CRD) was implemented across three specific formulations designated as F1 (80%:15%:5%), F2 (70%:20%:10%), and F3 (60%:25%:15%) consisting of blends of modified saba banana flour, mung bean flour, and dragon fruit peel flour. Each formulation was prepared in two independent production batches as experimental units. Nutritional composition was analyzed using proximate analysis, meanwhile the enzymatic method was employed to quantify the resistant starch content. Data were subsequently subjected to statistical analysis utilizing one-way analysis of variance (One-Way ANOVA) followed by Duncan's multiple range test.
Results: Statistical evaluation demonstrated significant differences ($p < 0.001$) in nutritional content and resistant starch among the treatments. Utilizing the Exponential Comparison Method (ECM) for selection, Formula F2 emerged as the optimal formulation, exhibiting a moisture content of 3.561%, ash content of 4.148%, protein content of 7.921 g, and fat content of 4.801 g, carbohydrates of 59.651 g, crude fiber of 19.917 g, energy of 313.495 kcal/100 g, and resistant starch content of 22.881%. Although F2 did not have the highest resistant starch content, it was selected because it achieved the highest overall ECM score, which was calculated based on the weighted evaluation of all predetermined parameters.
Conclusion: F2 was selected as the preferred formulation based on the weighted criteria. However, sensory, glycemic index, shelf-life, and Clinical assessments are necessary before this product can be endorsed for people with diabetes mellitus.

Keywords:
Diabetes mellitus, *flakes*, modified saba banana flour, mung bean flour, dragon fruit peel flour

Abstrak

Latar Belakang: *International Diabetes Federation* melaporkan pada 2025 prevalensi penderita diabetes melitus di Indonesia, yaitu sekitar 20,4 juta orang. Pengelolaan pola makan yang tepat dapat dilakukan dengan mengonsumsi bahan makanan dengan kandungan serat dan pati resisten, seperti pisang kepok, kacang hijau, dan kulit buah naga berpotensi guna mendukung stabilisasi kadar gula darah.
Tujuan: Studi ini bertujuan melakukan analisis kandungan gizi dan pati resisten pada formula *flakes* tersebut serta menentukan formula terpilih berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

[1] Program Studi Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang. E-mail: dhiyafauziyyah13@students.unnes.ac.id
[2] Program Studi Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang. E-mail: astridnoviana@mail.unnes.ac.id

Penulis Koresponding:
Astrid Noviana: Program Studi Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang. E-mail: astridnoviana@mail.unnes.ac.id

Diterima: 01/06/2026 Revisi: 10/07/2026 Disetujui: 10/09/2026 Diterbitkan: 08/11/2026

Metode: Penyusunan studi ini mengaplikasikan desain eksperimental yang dilakukan di laboratorium Kuliner Kuliner Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Semarang pada tahun 2025. Penelitian ini menggunakan RAL yang dilakukan dengan 3 macam perlakuan, yaitu tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga dengan rasio F1 (80%:15%:5%), F2 (70%:20%:10%), dan F3 (60%:25%:15%). Setiap formulasi dibuat dalam 2 kali proses pembuatan yang dilakukan secara terpisah (independen) sebagai unit eksperimen. Analisis kandungan gizi dapat dilakukan melalui uji proksimat dan pati resisten melalui metode enzimatik. Pengujian statistik pada parameter data mengaplikasikan prosedur *One-Way ANOVA* yang diikuti dengan uji perbandingan ganda Duncan.
Hasil: Data hasil studi memperlihatkan pengaruh perlakuan yang memberikan perbedaan nyata ($p < 0{,}05$) terhadap komposisi zat gizi dan pati resisten. Proses seleksi formula terpilih kemudian dilakukan dengan menerapkan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) dan diperoleh hasil, yaitu F2 dengan kadar air 3,561% , kadar abu 4,148% , protein 7,921 gr lemak 4,801 gr karbohidrat 59,651 gr serat kasar 19,917 gr energi 313,495 kkal/100 gr dan pati resisten 22,881% . Meskipun F2 tida memiliki kan pati resisten tertinggi, tetapi formula ini dipilih karena memperoleh nilai total pembobotan MPE tertinggi yang merupakan hasil akumulasi penilaian seluruh parameter berdasarkan bobot yang telah ditetapkan.
Kesimpulan: F2 terpilih sebagai formulasi berdasarkan kriteria pembobotan. Namun, uji sensori, indeks glikemik, daya simpan, dan respons glukosa darah diperlukan sebelum produk direkomendasikan bagi penderita diabetes melitus.

Kata Kunci:
Diabetes melitus, *flakes*, tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, tepung kulit buah naga

Pendahuluan

Diabetes melitus diklasifikasikan sebagai penyakit metabolik yang disebabkan oleh kegagalan pankreas menghasilkan insulin yang cukup atau ketidakefektifan sel-sel tubuh dalam merespons insulin (Hossain et al., 2024). Merujuk data *International Diabetes Federation* (IDF) pada tahun 2025, angka prevalensi diabetes melitus secara global pada kelompok usia 20–79 tahun menyentuh angka 11,5%, atau mencakup sekitar 588,7 juta penduduk. Dalam skala internasional, Indonesia menduduki posisi kelima dari sepuluh negara dengan penderita diabetes terbanyak, dengan total mencapai 20,41 juta kasus (IDF, 2025).

Diabetes melitus tipe 2 ialah jenis diabetes dengan jumlah penderita terbanyak (Goyal et al., 2023). Hal tersebut disebabkan karena faktor penyebab diabetes melitus tipe 2 berhubungan dengan perilaku dan gaya hidup yang tidak sehat (Bellou et al., 2018). Terapi kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus dapat ditempuh melalui penerapan diet dan pola makan yang sesuai, yaitu mengonsumsi bahan makanan kaya serat dan karbohidrat kompleks, termasuk di dalamnya adalah pati resisten. Kandungan makanan dengan serat dan pati resisten umumnya memiliki daya serap gula yang lebih lambat yang juga membuat memperlambat penyerapan glukosa dalam darah, meningkatkan sensitivitas insulin, serta dapat menekan kemungkinan terjadinya komplikasi pada penderita diabetes melitus tipe 2 (Afifah et al., 2020).

Pisang kepok ialah pisang yang berisi pati resisten tertinggi, yaitu sekitar 27,7% setelah pisang batu dan pisang ambon (Azizah & Sofyan, 2024). Selain itu, pisang kepok lebih kaya serat, yakni sebesar 5,7%, dibandingkan dengan pisang ambon dan pisang goroho (TKPI, 2018). Serat dan pati resisten yang melimpah yang indeks glikemiknya rendah karena tidak dapat dipecah oleh enzim usus, menjadikan kenaikan kadar gula darah lebih terkontrol dan lambat (Afifah et al., 2020). Peningkatan pati resisten dapat ditempuh melalui modifikasi hidrotermal dan retrogradasi (Nairfana & Fadilah, 2022). Kadar protein pisang kepok tergolong rendah, sehingga perlu dipadukan dengan bahan lain seperti kacang hijau.

Kacang hijau mudah ditemukan di Indonesia serta unggul dalam kandungan protein (22%) dan serat (7,5%) yang melampaui kacang kedelai serta kacang merah. Selain dikenal memiliki kandungan gizi yang baik, kacang hijau juga mengandung pati resisten sebesar 2,33% (Afifah et al., 2020). Bahan pangan dengan kandungan tinggi serat menjadi rekomendasi dalam penatalaksanaan diet untuk penderita diabetes melitus. Makanan berserat tinggi membantu menekan lonjakan glukosa darah dan respons insulin pascamakan, sehingga bermanfaat dalam pengendalian glukosa darah (Pertiwi et al., 2022). Selain itu, kandungan serat melimpah pada kulit buah naga membantu menstabilkan glukosa darah melalui perlambatan proses penyerapannya (Lianawati & Warsito, 2019).

Mondelez International pada tahun 2019 melakukan survei untuk mengetahui kebiasaan dan tren konsumsi makanan siap saji di Indonesia. Hasil survei menunjukkan bahwa sebanyak mayoritas

responden (59%) gemar mengonsumsi makanan ringan, dengan 75% memilih camilan yang sesuai gaya hidup modern dan bernutrisi baik (Taula'bi et al., 2021). Sebagai makanan siap saji yang praktis, *flakes* menjadi produk pangan yang sangat populer (Tarigan et al., 2024). *Flakes* dengan bahan serat dan pati resisten memiliki potensi untuk menstabilkan gula darah bagi pengidap diabetes.

Berdasarkan potensi kandungan serat dan pati resisten dari tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga, pengembangan produk flakes berbasis kombinasi ketiga bahan tersebut diharapkan dapat menjadi alternatif pangan praktis dengan kandungan gizi yang baik. Namun, perbedaan proporsi bahan yang digunakan dapat memengaruhi komposisi zat gizi dan kadar pati resisten produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan gizi dan kadar pati resisten flakes berdasarkan variasi formulasi tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga, serta menentukan formula terpilih berdasarkan kriteria pembobotan menggunakan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE).

Metode

Rancangan Penelitian

Studi eksperimental ini mengaplikasikan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 taraf perlakuan dan 2 ulangan dan akan menghasilkan 6 sampel. Setiap formulasi dibuat dalam 2 kali proses pembuatan yang dilakukan secara terpisah (independen) sebagai unit eksperimen. Perlakuan merupakan perbandingan rasio penggunaan tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga.

Tabel 1. Formulasi *Flakes*

Formulasi	Jenis Bahan		
	Tepung Pisang Kepok Termodifikasi	Tepung Kacang Hijau	Tepung Kulit Buah Naga
Formula 1	80%	15%	5%
Formula 2	70%	20%	10%
Formula 3	60%	25%	15%

Studi diproyeksikan pada Februari–Maret 2025 di Laboratorium Kuliner Fakultas Kedokteran Universitas Negeri Semarang.

Pembuatan Tepung Pisang Kepok Termodifikasi

Proses diawali dengan seleksi pisang kepok kuning berwarna hijau atau belum matang untuk dijadikan tepung termodifikasi. Selanjutnya dilakukan pengupasan dan pencucian pisang kepok menggunakan air bersih, dilanjutkan dengan pengirisan setebal ±2 mm. Irisan pisang kemudian direndam memakai akuades rasio 1:2 dan dikeringkan.

Selanjutnya, irisan pisang dipresto pada suhu 121°C selama 45 menit, diistirahatkan di suhu ruang sekitar 30 menit, lalu didinginkan pada 4°C selama 72 jam, di mana seluruh rangkaian siklus ini dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali. Usai proses selesai, irisan pisang dikeringkan pada suhu 60°C selama 7 jam, dihaluskan, dan disaring dengan ayakan 80 mesh untuk menghasilkan produk akhir berupa tepung pisang kepok termodifikasi (Syafii & Yudianti, 2019).

Pembuatan Tepung Kacang Hijau

Biji kacang hijau dicuci dan disortir terlebih dahulu untuk membuang kotoran serta menyeleksi mutu biji yang prima. Setelah disortir, kacang hijau melalui proses perendaman di dalam air selama 5 jam, kemudian ditiriskan secara menyeluruh.

Tahap selanjutnya adalah pengupasan kulit kacang hijau untuk mendapatkan bagian biji bagian dalam yang bersih. Biji kacang hijau yang telah dikupas kacang hijau dioven pada suhu 60°C selama 4,5 jam, dan setelah kering sempurna langsung digiling halus dengan mesin. Proses akhir dilakukan dengan pengayakan tepung hasil gilingan menggunakan ayakan berukuran 80 mesh untuk memperoleh tepung yang halus (Rahmah et al., 2024).

Pembuatan Tepung Kulit Buah Naga

Tahap awal pembuatan tepung kulit buah naga dimulai dengan pencucian dan penyortiran bahan baku kulit buah naga untuk memastikan kebersihan dan kualitasnya. Setelah disortir, kulit buah naga melalui proses pemotongan kecil guna mempermudah pengeringan, dilanjutkan dengan pengovenan pada suhu 60°C selama 4 jam.

Kulit buah naga yang kering sempurna selanjutnya digiling hingga halus menggunakan mesin penggiling. Tahap akhir dari proses ini adalah pengayakan tepung hasil gilingan

dengan memakai ayakan 80 mesh diterapkan untuk mendapatkan kehalusan tepung yang diinginkan (Utami et al., 2022).

Pembuatan *Flakes*

Proses pembuatan *flakes* melibatkan pencampuran tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga sebagai bahan baku utama. Kemudian ditambahkan bahan-bahan penunjang, meliputi tepung tapioka (5 gram), susu skim (5 gram), stevia (5 gram), vanili (1 gram), dan margarin (5 gram), lalu diaduk hingga merata.

Tahap berikutnya adalah memasukkan air sebanyak 35 ml secara bertahap sambil diaduk konstan hingga tercampur merata menjadi adonan yang homogen. Adonan yang telah homogen kemudian dikukus selama 5 menit, lalu dipipihkan hingga ±0,5 mm di atas loyang untuk dilakukan pencetakan dengan ukuran 1,5x1,5 cm. Setelah dicetak, adonan melalui proses pemanggangan di oven pada suhu 150°C dalam waktu 25 menit. Proses akhir diselesaikan dengan pendinginan *flakes* pada suhu ruang.

Analisis Kandungan Gizi dan Pati Resisten

Uji proksimat mengacu pada AOAC 2005: gravimetri untuk kadar air, abu, dan serat kasar; Kjeldahl untuk protein; Soxhlet untuk lemak; *by difference* untuk karbohidrat; serta Atwater untuk energi, dilaksanakan di Laboratorium Analisis Zat Gizi Universitas Muhammadiyah Semarang serta analisis kadar pati resisten (metode enzimatik) dilaksanakan di Laboratorium Cendekia Nanotech Hutama, Semarang.

Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan rata-rata variabel dan normalitas pada analisis kandungan gizi dan pati resisten menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Selanjutnya, analisis bivariat hasil uji gizi dan pati resisten dievaluasi memakai *One-Way ANOVA* dan diteruskan dengan uji Duncan.

Hasil

Parameter uji lab yang meliputi komponen gizi dan pati resisten telah diukur pada produk *flakes* berbahan komposit tepung pisang kepok termodifikasi, kacang hijau, dan kulit buah naga. Berikut merupakan hasil uji per 100 gram.

Hasil Analisis Kandungan Gizi dan Pati Resisten *Flakes*

Tabel 2. Hasil Analisis Kandungan Gizi dan Pati Resisten *Flakes*

Parameter	Nilai Rata-rata		
	F1	F2	F3
Kadar Air (%)	2,459 ± 0,294^{c}	3,561 ± 0,234^{b}	4,424 ± 0,113^{a}
Kadar Abu (%)	4,006 ± 0,042^{c}	4,148 ± 0,071^{b}	4,409 ± 0,097^{a}
Protein (gr)	5,198 ± 0,184^{c}	7,921 ± 0,326^{b}	11,420 ± 0,437^{a}
Lemak (gr)	4,099 ± 0,051^{c}	4,801 ± 0,084^{b}	5,735 ± 0,091^{a}
Karbohidrat (gr)	66,107 ± 0,924^{a}	59,651 ± 0,563^{b}	51,556 ± 0,933^{c}
Serat Kasar (gr)	18,129 ± 0,861^{c}	19,917 ± 0,190^{b}	22,452 ± 0,273^{a}
Energi (kkal)	322,122 ± 4,628^{a}	313,495 ± 1,051^{b}	303,529 ± 1,069^{c}
Pati Resisten (%)	36,984 ± 3,954^{a}	22,881 ± 4,437^{b}	15,089 ± 2,593^{c}

Keterangan:
a,b,c= notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan (p<0,05) antar formulasi dengan uji *One-Way* ANOVA dan uji lanjut *Duncan*

Penentuan Formula Terpilih

Seleksi formula terbaik untuk *flakes* berbahan dasar tepung pisang termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga menggunakan MPE (Metode Perbandingan Eksponensial). Prinsip dari metode MPE adalah pengambilan keputusan dengan menetapkan prioritas alternatif berdasarkan berbagai kriteria yang mempertimbangkan karakteristik dan tingkat kepentingannya.

Formula dengan hasil terpilih akan mendapatkan peringkat 1, sedangkan peringkat 3 diberikan untuk hasil yang kurang baik. Hasil skor dihitung dengan mengalikan peringkat dan bobot parameter masing-masing, lalu dijumlahkan untuk memperoleh skor total

Tabel 3. Hasil penentuan formula terpilih *Flakes*

Parameter	Bobot	Skor Alternatif Komponen					
		F1		F2		F3	
		Rank	Skor	Rank	Skor	Rank	Skor
Kadar Air	2,5%	1	0,025	2	0,05	3	0,075
Kadar Abu	2,5%	1	0,025	2	0,05	3	0,075
Protein	15%	3	0,45	2	0,30	1	0,15
Lemak	15%	1	0,15	2	0,30	3	0,45
Karbohidrat	15%	3	0,45	2	0,30	1	0,15
Serat Kasar	15%	3	0,45	2	0,30	1	0,15
Energi	15%	3	0,45	2	0,30	1	0,15
Pati Resisten	20%	1	0,2	2	0,4	3	0,6
Total Skor	100%		2,2		2,00		2,4
Peringkat		2		12		31	

Pembahasan

Kadar Air

Baku mutu SNI 01-2886-2000 menetapkan batas maksimal kadar air *flakes* adalah 4%. Formula F1 dan F2 berhasil memenuhi syarat, tetapi F3 gagal. Perbedaan komposisi terbukti menaikkan kadar air secara nyata dari F1 ke F3. Kadar air berlebih ini berisiko menurunkan mutu tekstur serta memicu kerusakan akibat aktivitas biologis dan fisikokimia (Nadia et al., 2023).

Peningkatan kadar air pada *flakes* sejalan dengan naiknya proporsi tepung kacang hijau dan tepung kulit buah naga. Hal ini dipicu tingginya kadar air tepung kulit buah naga (10%) dibandingkan tepung pisang kepok termodifikasi yang hanya 4,38% (Puspita et al., 2021; Syafii & Yudianti, 2019). Sementara itu, tepung kacang hijau memiliki kadar air paling rendah, yaitu 3,13% (Isyanti, 2021). Variasi kadar air antarbahan baku tersebut turut berdampak pada tingkat kadar air pada produk *flakes* yang dihasilkan. Studi Utami et al., (2022) juga mengungkapkan penambahan proporsi tepung kulit buah naga terbukti membuat kadar air semakin meningkat.

Kandungan serat pangan yang cukup tinggi pada kulit buah naga, yakni 46,7%, turut menjadi faktor penentu kadar air *flakes* (Utami et al., 2022). Sifat fisiologis serat ditandai oleh kemampuannya mengikat air secara kuat, membuatnya sulit menguap kembali meskipun telah dikeringkan (Mozin & Ridhay, 2019). Peningkatan kadar air juga didorong oleh kandungan protein dalam *flakes*. Penambahan proporsi tepung kacang hijau membuat kadar air naik karena protein memiliki gugus karboksil hidrofilik yang berdaya serap air tinggi (Wijaya et al., 2023). Studi Khairunnisa et al., (2018), mengungkapkan kenaikan kadar air *flakes* ini sejalan dengan semakin banyaknya proporsi tepung kacang hijau yang ditambahkan.

Kadar Abu

Kadar abu pada *flakes* telah ditetapkan dalam SNI 01-2886-2000, yaitu maksimal 4, sehingga pada penelitian ini *flakes* yang dihasilkan belum memenuhi syarat mutu SNI. Secara statistik, nilai kadar abu bertambah secara nyata dari formula F1 menuju F2 dan F3. Kenaikan ini mengonfirmasi bahwa modifikasi komposisi bahan baku berperan langsung dalam mendongkrak kadar abu.

Kadar abu pada *flakes* cenderung meningkat seiring bertambahnya persentase tepung kulit buah naga. Hal ini dikarenakan tepung kulit buah naga memiliki kandungan mineral serta kadar abu yang lebih tinggi (18,76%) daripada tepung pisang kepok dan tepung kacang hijau, seperti kalsium dan fosfor (Nirmalawaty & Mahayani, 2020). Sementara itu, kadar abu pada tepung pisang kepok sebesar 3,22% dan tepung kacang hijau sebesar 3,02%, keduanya jauh lebih rendah dibandingkan dengan tepung kulit buah naga (Ayu et al., 2023; Utafiyani et al., 2018). Studi Utami et al. (2022), menunjukkan perubahan takaran tepung kulit buah naga berdampak langsung pada naiknya kadar abu secara konsisten.

Kadar Protein

Peningkatan kadar protein dari formula F1 ke F2 dan F3 terkonfirmasi secara nyata oleh uji statistik. Kenaikan ini berakar dari karakteristik tepung kacang hijau yang memiliki kadar protein lebih unggul, yakni sebesar 31,5% (Habibi et al., 2023).

Kontribusi protein dari tepung pisang kepok tercatat sebesar 3,04% dan tepung kulit buah naga sebesar 3,2% (Ayu et al., 2023; Puspita et al., 2021). Studi Khairunnisa et al. (2018), mengungkapkan semakin banyak proporsi tepung kacang hijau yang dicampurkan, kadar protein produk akan semakin bertambah, yang juga didukung oleh sumbangan protein dari susu skim.

Kadar Lemak

Kandungan lemak pada *flakes* telah ditetapkan dalam SNI 01-2886-2000, yaitu maksimal 30 dan semua formula pada penelitian ini sudah memenuhi syarat mutu SNI. Secara statistik, kandungan lemak pada F1 signifikan lebih rendah dibandingkan dengan F2 dan kandungan lemak pada F2 signifikan lebih rendah dibandingkan 64 dengan F3. Hal ini memperlihatkan komposisi bahan yang berbeda dan berdampak nyata pada peningkatan kandungan lemak.

Kandungan lemak pada *flakes* semakin meningkat dengan bertambahnya rasio penggunaan tepung kacang hijau. Tepung kacang hijau mengandung lemak sebanyak 14,3%, sedangkan tepung pisang kepok mengandung lemak sebesar 0,52% dan tepung kulit buah naga 0,10% (Ayu et al., 2023; Habibi et al., 2023; Puspita et al., 2021). Studi Khairunnisa et al., (2018), yang menyebutkan seiring dengan penambahan tepung kacang hijau, kandungan lemak pada *flakes* akan semakin meningkat. Selain itu, kandungan lemak yang terdapat dalam *flakes* juga dipengaruhi oleh bahan tambahan berupa margarin. Margarin merupakan salah satu sumber lipid yang kaya akan trigliserida, sehingga apabila ditambahkan pada adonan dapat berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan kadar lemak (Samsoedin et al., 2024).

Kadar Karbohidrat

Uji statistik mengonfirmasi adanya penurunan kadar karbohidrat yang nyata pada setiap formulasi (F1 > F2 > F3). Kondisi ini berkaitan erat dengan penambahan substitusi tepung kacang hijau dan tepung kulit buah naga, di mana tepung pisang kepok sendiri diketahui memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi yakni sebesar 82,86% (Ayu et al., 2023). Nilai tersebut jauh melampaui kandungan karbohidrat pada tepung kacang hijau yang tercatat sebesar 54,5% serta tepung kulit buah naga yang hanya menyumbang 6,2% (Habibi et al., 2023; Puspita et al., 2021). Studi Mahmudah et al., (2017), mengungkapkan reduksi kadar karbohidrat pada *flakes* terbukti berkaitan erat dengan dikuranginya persentase penggunaan tepung pisang kepok dalam formula.

Penderita diabetes disarankan untuk memperhatikan jenis dan jumlah karbohidrat yang dikonsumsi. Semakin rendah kandungan karbohidrat dalam suatu produk pangan, produk tersebut akan lebih aman untuk penderita diabetes melitus. Konsumsi karbohidrat dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah serta merangsang sekresi insulin dalam tubuh (Marbun et al., 2023). Kandungan karbohidrat yang terdapat pada pisang kepok dan kacang hijau ialah karbohidrat kompleks yang berindeks glikemik rendah ini membuat proses pencernaannya berlangsung lambat, sehingga mampu menahan rasa kenyang dalam jangka waktu yang lebih lama (Aprilia et al., 2022). Bahan yang digunakan masuk dalam kategori aman untuk penderita diabetes.

Kadar Serat Kasar

Secara statistik, Uji statistik mengonfirmasi bahwa kadar serat kasar menunjukkan peningkatan yang bermakna dari formula F1 ke F2 dan F3 (F1 < F2 < F3). Hal ini membuktikan bahwa modifikasi formulasi berdampak langsung terhadap kenaikan serat kasar, di mana penambahan proporsi tepung kacang hijau dan tepung kulit buah naga yang memiliki kadar serat sangat tinggi mencapai 25,56% dan tepung kacang hijau yang mengandung sebesar 6,99% (Puspita et al., 2021; Utami et al., 2022). Jumlah tersebut jauh lebih besar dibandingkan pada tepung pisang kepok yang memiliki kandungan serat paling rendah, yakni 1,24% (Ayu et al., 2023). Studi Utami et al., (2022), juga mengungkapkan formulasi tepung kulit buah naga dan tepung kacang hijau mengandung nilai serat kasar yang tinggi (Ayu & Surahman, 2022; Weickert, 2018).

Energi

Secara statistik, kadar energi *flakes* mengalami penyusutan secara signifikan seiring bergesernya formulasi dari F1 ke F3. Hal tersebut membuktikan bahwa perbedaan proporsi bahan baku berdampak langsung terhadap variasi kandungan energi. Kandungan energi berhubungan dengan nilai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang telah dikonversi. Lemak merupakan sumber energi terbesar karena menyuplai sebanyak 9 kkal untuk

setiap gramnya, di mana jumlah tersebut lebih tinggi daripada protein dan karbohidrat yang masing-masing menyumbang 4 kkal per gram (Ardiyani et al., 2021).

F1 memiliki kandungan energi tertinggi, yaitu 322,122 kkal per 100 g. Kondisi ini dipicu oleh dominasi sumber energi pada formula F1, yakni tingginya kadar karbohidrat yang mencapai 66,107%. Kandungan karbohidrat yang tinggi sangat berkontribusi terhadap total energi yang dihasilkan, sehingga F1 menjadi formulasi dengan nilai energi tertinggi dibandingkan dengan formula lainnya.

Pati Resisten

Secara statistik, kadar pati resisten pada F1 signifikan lebih tinggi daripada F2 dan kadar pati resisten pada F2 signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan F3. Kandungan pati resisten dapat dikategorikan menjadi beberapa golongan, yaitu kadar pati resisten sangat rendah (<1%), pati resisten rendah (1-2,5%), pati resisten sedang (2,5-5%), pati resisten tinggi (5-15%), dan pati resisten sangat tinggi (>15%) (Goñi et al., 1996). Hasil studi mengonfirmasi bahwa setiap formula *flakes* mengandung pati resisten dalam kategori sangat tinggi (>15%). Karakteristik ini dipicu oleh proporsi bahan baku yang digunakan, dengan catatan bahwa peningkatan substitusi tepung pisang kepok termodifikasi berkontribusi secara langsung terhadap tingginya kadar pati resisten *flakes*.

Variasi kadar pati resisten dalam bahan dikendalikan oleh sejumlah faktor kunci, seperti susunan fisik pati, derajat gelatinisasi, komposisi amilosa-amilopektin, dan frekuensi penerapan metode *autoclaving-cooling* (Afifah et al., 2020). Kadar amilosa pada pisang kepok yang tergolong tinggi, yakni 9,1–17,2%, berdampak positif pada kuantitas pati resisten yang dihasilkan. Keterkaitan ini didasari oleh fungsi amilosa sebagai pembentuk utama pati resisten tipe 3 (retogradasi), di mana struktur rantainya yang linier memudahkan proses retrogradasi dan penyusunan polimer yang kuat.

Penerapan modifikasi berulang pada tepung pisang kepok terbukti mampu mendongkrak kadar pati resisten secara bermakna. Tahap pemanasan bertekanan pada suhu 121°C selama 45 menit memicu gelatinisasi pati secara optimal, yang kemudian dilanjutkan dengan pendinginan pada suhu 4°C selama 72 jam (3 hari) guna mengakselerasi proses retrogradasi pati (Syafii & Yudianti, 2019). Proses pemanasan bertekanan dan pendinginan yang dilakukan secara berulang-ulang pada pisang kepok akan memicu peningkatan jumlah pati teretrogradasi, yang secara visual maupun analitis terefleksikan melalui lonjakan kadar pati resisten. Proses retrogradasi melibatkan reorganisasi serta penyelarasan molekul pati melalui pembentukan ikatan antara amilosa-amilosa, amilosa-amilopektin, dan amilopektin-amilopektin. Konfigurasi tersebut menghasilkan struktur ikatan yang rapat dan kuat, yang pada akhirnya menurunkan kerentanan pati terhadap degradasi enzim pencernaan (Puspawati et al., 2024).

Laju pencernaan pada produk berpati resisten cenderung lebih rendah jika dikontraskan dengan pangan yang didominasi pati cepat cerna, situasi yang pada akhirnya mengendalikan kecepatan masuknya glukosa ke dalam peredaran darah (Barclay et al., 2021). Kandungan pati resisten yang tinggi berpotensi berkontribusi terhadap penurunan indeks glikemik (Afifah et al., 2020). Aktivitas fermentasi pati resisten oleh mikroflora kolon menyintesis senyawa asam lemak rantai pendek (*Short Chain Fatty Acid*/SCFA) yang berperan dalam memberikan efek anti-diabetes, yaitu meningkatkan sensitivitas insulin dan homeostatis glukosa serta menurunkan glukoneogenesis hepatik (Xiong et al., 2022). Oleh karena itu, makanan yang mengandung pati resisten bermanfaat pada penderita diabetes melitus berkat fungsinya yang dapat mendukung pengendalian tingkat glukosa di dalam darah melalui mekanisme pelepasan glukosa yang lebih lambat dalam tubuh.

Penentuan Formula Terpilih

Melalui pendekatan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE), teridentifikasi bahwa formula F2 menduduki peringkat pertama sebagai produk terbaik, dengan komposisi bahan baku yang terdiri atas 70% tepung pisang kepok termodifikasi, 20% tepung kacang hijau, dan 10% tepung kulit buah naga.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat keterbatasan dan kelemahan penelitian. Parameter uji yang digunakan masih terbatas, sehingga masih diperlukan penelitian lanjutan untuk menganalisis aspek lain, seperti uji organoleptik untuk mengetahui tingkat penerimaan produk oleh konsumen, khususnya penderita diabetes melitus. Selain itu, dapat dilakukan uji indeks glikemik produk untuk

mengetahui efektivitas terhadap kadar glukosa darah, serat pangan, dan gula total serta dapat dipastikan aman untuk penderita diabetes melitus.

Kesimpulan

Perbedaan proporsi tepung pisang kepok termodifikasi, tepung kacang hijau, dan tepung kulit buah naga memperlihatkan perbedaan signifikan pada komposisi proksimat, serat kasar, energi, dan pati resisten flakes. Berdasarkan kriteria pembobotan yang digunakan, F2 merupakan formula terpilih Uji sensori, serat pangan, indeks glikemik, daya simpan, dan respons glukosa darah diperlukan sebelum produk direkomendasikan bagi penderita diabetes melitus.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat benturan kepentingan, baik dari pihak penulis maupun afiliasi kelembagaan yang berkaitan dengan penelitian, penyusunan, dan penerbitan artikel ini.

Daftar Rujukan

Afifah, D. N., Sari, L. N. I., Sari, D. R., Probosari, E., Wijayanti, H. S., & Anjani, G. (2020). Analisis Kandungan Zat Gizi, Pati Resisten, Indeks Glikemik, Beban Glikemik dan Daya Terima Cookies Tepung Pisang Kepok (Musa paradisiaca) Termodifikasi Enzimatis dan Tepung Kacang Hijau (Vigna radiate). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, *9*(3), 101–107. https://doi.org/10.17728/jatp.8148

Aprilia, M., Rachmawati, Ahmad, A., & Ichsan. (2022). Formulasi Cookies Tepung Labu Kuning (Cucurbita moschata Duch.) dan Tepung Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L.) sebagai Alternatif Makanan Selingan Penderita Diabetes Melitus. *Jurnal Svasta Harena Raflesia*, *2*(1), 64–74. https://doi.org/10.33088/shr.v1i2.315

Ardiyani, N. P. S., Nurali, E. J. N., & Lalujan, L. E. (2021). Karakteristik Sensoris dan Kimia Flakes dari Tepung Komposit Pisang Goroho (Musa acuminate L), Ubi Jalar Kuning (Ipomea batatas L) dan Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L). *Jurnal Teknologi Pertanian*, (1), 18–29. https://doi.org/https://doi.org/10.35791/jteta.v12i1.38856

Ayu, M. A. K., Yusasrini, N. L. A., & Pratiwi, I. D. P. K. (2023). Pengaruh Perbandingan Tepung Pisang Kepok (Musa paradisiaca normalis) dan Tepung Wortel (Daucus carota). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, *13*(2), 335–346. https://doi.org/10.24843/itepa.2024.v13.i02.p08

Ayu, R. N. S., & Surahman, N. (2022). Hubungan Asupan Serat dengan Kadar Glukosa Darah Pasien Diabetes Melitus. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, *3*(3), 529–533. https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jkt.v3i3.13277

Azizah, N., & Sofyan, A. (2024). The Effect of Modified Kepok Banana (Musa acuminata balbisiana) Starch Substitution on the Fat, Dietary Fiber, and Resistant Starch Content of Product Cookies. *Engineering Proceedings*, *63*(1). https://doi.org/10.3390/engproc2024063007

Barclay, A. W., Augustin, L. S. A., Brighenti, F., Delport, E., Henry, C. J., Sievenpiper, J. L., Usic, K., Yuexin, Y., Zurbau, A., Wolever, T. M. S., Astrup, A., Bulló, M., Buyken, A., Ceriello, A., Ellis, P. R., Vanginkel, M. A., Kendall, C. W. C., La Vecchia, C., Livesey, G., … Brand-Miller, J. C. (2021). Dietary Glycaemic Index Labelling: A Global Perspective. In *Nutrients* (Vol. 13, Number 9). MDPI. https://doi.org/10.3390/nu13093244

Bellou, V., Belbasis, L., Tzoulaki, I., & Evangelou, E. (2018). Risk Factors for Type 2 Diabetes Mellitus: An Exposure-Wide Umbrella Review of Meta-Analyses. In *PLoS ONE* (Vol. 13, Number 3). Public Library of Science. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194127

Goñi, I., García-Diz, L., Mañas, E., & Saura-Calixto, F. (1996). Analysis of Resistant Starch: a Method for Foods and Food Products. *Food Chemistry*, *56*(4), 445–449. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00222-7

Goyal, R., Singhal, M., & Jialal, I. (2023, July). *Type 2 Diabetes*. StatPearls. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513253/

Habibi, N. A., Dianti Putri, V., & Sartika, W. (2023). Pengaruh Subtitusi Tepung Kacang Hijau Terhadap Mutu Organoleptik dan Kadar Beras Rendang. *Jurnal Sehat Mandiri*, *18*(1), 181–190.

Hossain, M. J., Al-Mamun, M., & Islam, M. R. (2024). Diabetes Mellitus, the Fastest Growing Global Public Health Concern: Early Detection Should be Focused. In *Health Science Reports* (Vol. 7, Number 3). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1002/hsr2.2004

IDF. (2025). *IDF Diabetes Atlas 11th edition*.

Isyanti, M. (2021). Pemanfaatan Tepung Kacang Hijau sebagai Sumber Protein pada Pembuatan Opak Ketas Khas Tasikmalaya, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1–11. http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm

Khairunnisa, Harun, N., & Rahmayuni. (2018). Pemanfaatan Tepung Talas dan Tepung Kacang Hijau dalam Pembuatan Flakes. *Agricultural Science Technology Journal*, *17*(1), 19–28.

Kumalasari, I. D., & Fajriyati, I. (2024). Sifat Fisikokimia Yoghurt Kacang Hijau (Vigna radiata) dengan Variasi Jenis Starter Bakteri dan Pemanis Sari Kurma Sukkari (Phoenix dactilyfera L) sebagai Pemanis Alami dan Sumber Antioksidan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *18*(1), 49–56. https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i1.17556

Lianawati, H. T. W., & Warsito, H. (2019). Pembuatan Pancake Subtitusi Tepung Kulit Buah Naga Merah sebagai Makanan Selingan Sumber Antioksidan dan Serat bagi Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2. *Seminar Nasional INAHCO (Indonesian Anemia & Health Conference)*, 204–216.

Mahmudah, N. A., Amanto, S., & Widowati, E. (2017). Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensoris Flakes Pisang Kepok Samarinda (Musa paradisiaca balbisiana) dengan Substitusi Pati Garut. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, *10*(1), 32–40.

Marbun, T. S. G., Susyani, & Podojoyo. (2023). Pengaruh Pemberian Food Bar Tinggi Serat Terhadap Kadar Glukosa Darah Pasien Diabetes Melitus Tipe 2. *Journal of Nutrition College*, *12*(2), 105–112. http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jnc/

Mozin, F., & Ridhay, A. (2019). Analisis Kadar Serat dan Kadar Protein serta Pengaturan Waktu Simpan Sereal Berbasis Tepung Ampas Kelapa dan Tepung Tempe. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, *5*(3), 240–251. https://doi.org/10.22487/kovalen.2019.v5.i3.11579

Nadia, L. S., Lejap, T. Y. T., & Rahmanto, L. (2023). Pengaruh Pengolahan Pangan terhadap Kadar air Bahan Pangan. *Journal of Innovative Food Technology and Agricultural Product*, *01*(01), 5–8. https://doi.org/10.31316/jitap.vi.5780

Nairfana, I., & Fadilah, Q. (2022). Optimasi Proses Pembuatan Tepung Pisang Termodifikasi terhadap Kadar Pati Resisten, Nilai Indeks Glikemik, dan Total Kalori Snack Bar. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, *10*(2), 1138–1149. https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.5354

Nirmalawaty, A., & Mahayani, A. A. P. S. (2020). Analisa Kimia Bakpia Kering Substitusi Tepung Kulit Buah Naga. *Jurnal Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, *13*(1), 15–23. https://doi.org/10.36456/stigma.13.1.2418.15-23

Pertiwi, Y. E., Wahyuni, S., & Abrar, E. A. (2022). Literature :Diabetes Self Management Education Terhadap Perbaikan Gliemik Pada Pasien Diabetes Melitus. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Dan Penelitian Keperawatan*, *2*(3), 323–332. https://doi.org/10.35892/jimpk.v2i3.763

Puspawati, N. N., Adyeni, W. D., & Setiarto, H. B. (2024). A Review: Potensi Pengembangan Pati Resisten Dengan Modifikasi Autoclaving-Cooling sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, *13*(4), 808–822.

Puspita, D., Harini, N., & Winarsih, S. (2021). Karakteristik Kimia dan Organoleptik Biskuit dengan Penambahan Tepung Kacang Kedelai (Glycine max) dan Tepung Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus costaricensis). *Food Technology and Halal Science Journal*, *4*(1), 52–65. https://doi.org/10.22219/fths.v4i1.15627

Rahmah, A. L., Ayu, D. F., & Fitriani, S. (2024). Karakteristik Kimia dan Sensori Brownies Ubi Jalar Putih dengan Penambahan Tepung Kacang Hijau. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi*

Pertanian, *13*(1), 24–30. https://doi.org/10.30598/jagritekno.2024.13.1.24

Samsoedin, F. M., Saati, E. A., & Anggriani, R. (2024). Formulasi Gluten Free Cookies dari Tepung Pisang Kepok, Tepung Pisang Kepok (Musa paradisiaca) dengan Penambahan Tepung Kacang Almond (Prunus dulcis). *Food Technology and Halal Science Journal*, *6*(1), 1–17. https://doi.org/10.22219/fths.v6i1.22008

Syafii, F., & Yudianti. (2019). Substitusi Tepung Pisang Termodifikasi pada Pembuatan Kabasol Terhadap Kadar Gula Darah Orang Dewasa. *Jurnal Kesehatan Manarang*, *5*(2), 106–113. http://jurnal.poltekkesmamuju.ac.id/index.php/m

Tarigan, N., Tarigan, F. N., Sherlina, Hasibuan, Y. O., & Saragih, M. (2024). Uji Sensori dan Analisis Poksimat Flakes Berbahan Dasar Tepung Porang (Amorphophallus Muelleri) dan Tepung Tempe. *Amerta Nutrition*, *8*(2), 230–238. https://doi.org/10.20473/amnt.v8i2.2024.230-238

Taula'bi, M., Oessoe, Y., & Sumual, M. (2021). Kajian Komposisi Kimia Snack Bars dari Berbagai Bahan Baku Lokal: Systematic Review. *Jurnal Transdisiplin Pertanian*, *17*(1), 15–20.

TKPI. (2018). *Tabel Komposisi Pangan Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Utafiyani, Yusasrini, N. L. A., & Ekawati, I. G. A. (2018). Pengaruh Perbandingan Tepung Kacang Hijau (Vigna radiata) dan Terigu Terhadap Karakteristik Bakso Analog. *Jurnal ITEPA*, *7*(1), 12–22. https://jurnal.harianregional.com/itepa/full-36705

Utami, H. M., Novidahlia, N., & Aminullah. (2022). Sifat Mutu Kimia dan Sensori Cookies Tepung Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus Polyrhizus) dengan Penambahan Tepung Kacang Hijau (Vigna Radiata). *Jurnal Agroindustri Halal*, *8*(2), 270–277. https://doi.org/10.30997/jah.v8i2.6936

Weickert, M. O. (2018). High Fiber Intake, Dietary Protein, and Prevention of Type 2 Diabetes. In *Expert Review of Endocrinology and Metabolism* (Vol. 13, Number 5, pp. 223–224). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/17446651.2018.1513320

Wijaya, S. S., Sopiah, S., & Supriatna, A. (2023). Identifikasi Musa Paradisiaca Dan Musa X Paradisiaca. *JIIP*, *5*(2), 33–40. https://jurnal.ugp.ac.id/index.php/JIIP

Xiong, R. G., Zhou, D. D., Wu, S. X., Huang, S. Y., Saimaiti, A., Yang, Z. J., Shang, A., Zhao, C. N., Gan, R. Y., & Li, H. Bin. (2022). Health Benefits and Side Effects of Short-Chain Fatty Acids. In *Foods* (Vol. 11, Number 18). MDPI. https://doi.org/10.3390/foods11182863