

Karakteristik Sensori dan Kandungan Gizi pada Cracker Tinggi Serat Berbahan Dasar Mocaf dan Psyllium Husk Sebagai Alternatif Selingan untuk Diabetes Melitus

Nur Khoiriyah¹✉, Desty Mahabatillah¹, Naila Qurotul'aini¹, Deya Silviani²

¹ Program Studi Gizi, Universitas Muhammadiyah Cirebon, Cirebon, Jawa Barat, Indonesia

² Program Studi Gizi, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatra Selatan, Indonesia

Article Info

Article History:

Received : 18-08-2026

Approved : 06-09-2026

Published : 24-09-2026

Keywords:

Cracker, Mocaf,
Psyllium Husk, Serat,
Pangan Fungsional

Abstract

Diabetes mellitus remains a health concern in Indonesia, with a prevalence of 11,3% that is projected to increase. Dietary management includes adequate intake of high-fiber foods. Mocaf (modified cassava flour) and psyllium husk are high-fiber ingredients with potential for cracker development, but their combination remains underexplored. This study aimed to develop high-fiber crackers made from mocaf and psyllium husk as an alternative snack for individuals with diabetes mellitus. The study was conducted from June to August 2026 using a completely randomized design. The proportions of mocaf to psyllium husk were 95:5 (F1), 90:10 (F2), and 85:15 (F3). Product development was conducted at the Nutrition Laboratory of Universitas Muhammadiyah Cirebon. Analyses included sensory evaluation involving 30 semi-trained panelists, nutritional composition analysis, and nutritional contribution analysis. Data were analyzed using ANOVA and the Kruskal-Wallis test. The results showed a significant difference in the color hedonic attribute ($p = 0,021$), while no significant differences were observed in aroma, taste, or texture hedonic attributes ($p > 0,05$). Formula F3 was selected as the best formula, containing 3,10% moisture, 3,16% ash, 3,72% protein, 60,66% carbohydrate, 29,37% fat, and 22,67% dietary fiber, with an energy content of 521,79 kcal/100 g. One serving of F3 contributes 5,91–6,96% of the daily energy requirement based on the RDA for adults. In conclusion, F3 is the best formula and has potential as an high-fiber snack.

© 2026 Poltekkes Kemenkes Pontianak

✉ Correspondence address:

Program Studi Gizi, Universitas Muhammadiyah Cirebon, Cirebon, Jawa Barat, Indonesia

Email: nurkhoiriyah@umc.ac.id

1. PENDAHULUAN

Diabetes melitus merupakan penyakit tidak menular yang masih menjadi masalah kesehatan global. Penyakit ini ditandai adanya peningkatan glukosa darah akibat gangguan produksi insulin, gangguan kerja insulin, atau kombinasi keduanya. *International Diabetes Federation* melaporkan bahwa jumlah penderita diabetes di dunia pada tahun 2017 diperkirakan mencapai 451 juta orang (usia 18–99 tahun). Angka tersebut diproyeksikan meningkat menjadi 693 juta orang pada tahun 2045 (Cho et al., 2018). Indonesia juga diprediksi mengalami peningkatan prevalensi diabetes. Hasil Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 melaporkan prevalensi diabetes pada usia ≥ 15 tahun mencapai 11,3% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023). Hasil penelitian menunjukkan jumlah penderita diabetes di Indonesia diprediksikan akan meningkat dari 18,69 juta (9,19%) pada tahun 2020 menjadi 40,7 juta (16,09%) pada tahun 2045 (Wahidin et al., 2024). Diabetes melitus dapat meningkatkan risiko berbagai masalah kesehatan, seperti kardiovaskular, gangguan ginjal, neuropati, dan retinopati (Tomic et al., 2022). Berbagai faktor risiko berperan dalam kejadian diabetes melitus, antara lain konsumsi pangan tinggi gula dan lemak, kurangnya aktivitas fisik, obesitas, faktor genetik, serta rendahnya konsumsi serat pangan (Alam et al., 2021).

Penanganan diabetes melitus memerlukan pendekatan farmakologis dan nonfarmakologis untuk mengendalikan kadar glukosa darah. Salah satu pendekatan nonfarmakologis dilakukan melalui terapi diet dengan pengaturan pola konsumsi pangan tinggi serat (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021). Konsumsi pangan tinggi serat dapat membantu memperlambat proses pencernaan dan absorpsi glukosa sehingga dapat menjaga kestabilan kadar glukosa darah. Serat pangan, khususnya serat larut, juga berperan dalam meningkatkan rasa kenyang dan memperbaiki sensitivitas insulin. Meta-analisis oleh Mao et al., (2021) melaporkan bahwa konsumsi serat pangan secara signifikan dapat menurunkan HbA1c, glukosa darah puasa, kadar insulin puasa, dan HOMA-IR pada individu dengan diabetes tipe 2. Selain itu, Tsitsou et al., (2023) melaporkan bahwa konsumsi serat pangan, terutama serat larut dan pati resisten, dapat memperbaiki respons glikemik dan respons insulin setelah makan. Oleh karena itu, pengembangan pangan tinggi serat memiliki potensi sebagai alternatif pangan fungsional dalam pencegahan dan pengelolaan diabetes melitus. Beberapa bahan pangan lokal yang berpotensi dikembangkan sebagai sumber serat antara lain *modified cassava flour* (mocaf) dan *psyllium husk*.

Mocaf merupakan tepung singkong termodifikasi yang dihasilkan dari proses fermentasi menggunakan bakteri asam laktat, khamir, atau kapang. Proses fermentasi menghasilkan perubahan karakteristik fisik dan kimia tepung sehingga mocaf memiliki sifat fungsional yang lebih baik dibandingkan tepung singkong biasa. Mocaf mengandung karbohidrat kompleks dan pati resisten yang berpotensi memperlambat proses pencernaan pati serta menurunkan respons glikemik pangan. Konsumsi pati resisten diketahui secara signifikan dapat memperbaiki kontrol glikemik dan menurunkan variabilitas glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 (Arias-Córdova et al., 2021). Kandungan pati resisten juga berpotensi menurunkan respons glikemik karena pati resisten mengalami proses pencernaan yang lebih lambat di dalam saluran cerna (Murillo et al., 2022).

Psyllium husk yang berasal dari biji tanaman *Plantago ovata* memiliki kandungan serat larut yang tinggi dan berpotensi memberikan berbagai manfaat kesehatan. Serat larut pada *psyllium husk* membentuk gel dalam saluran pencernaan sehingga berperan dalam memperlambat proses pengosongan lambung dan absorpsi glukosa. Kondisi tersebut membantu menurunkan peningkatan kadar glukosa dan memperbaiki respons glikemik. Hasil penelitian menunjukkan suplementasi *psyllium* secara signifikan berkontribusi terhadap penurunan kadar glukosa darah puasa dan perbaikan kontrol glikemik pada penderita diabetes melitus (Gibb et al., 2023). Selain itu, *psyllium husk* juga berfungsi sebagai hidrokoloid alami yang dapat memperbaiki tekstur dan karakteristik fisik produk pangan sehingga berpotensi digunakan dalam pengembangan pangan fungsional tinggi serat (Noguerol et al., 2022).

Cracker merupakan produk makanan ringan dengan tekstur renyah yang banyak dikonsumsi sebagai makanan selingan. *Cracker* memiliki daya simpan yang relatif lama serta mudah dikembangkan melalui berbagai formulasi bahan pangan fungsional (Manzocco et al., 2020). Beberapa penelitian memanfaatkan *cracker* sebagai media intervensi pangan karena produk tersebut memiliki tingkat penerimaan yang baik dan praktis untuk dikonsumsi (Papakonstantinou et al., 2024). Pengembangan *cracker* berbasis bahan tinggi serat berpotensi menghasilkan produk pangan fungsional dengan indeks glikemik lebih rendah (Artina et al., 2023). Pemanfaatan mocaf dan *psyllium husk* pada produk *cracker* berpotensi menghasilkan pangan sumber serat yang dapat mendukung pengendalian kadar glukosa darah.

Pemanfaatan mocaf dan *psyllium husk* dalam pengembangan produk pangan telah banyak dilakukan secara terpisah pada penelitian sebelumnya. Penelitian oleh Khasanah et al., (2021) menunjukkan bahwa penggunaan mocaf pada *cracker* menghasilkan tekstur renyah, kadar air rendah, dan tingkat penerimaan sensoris yang baik. Ren et al., (2021) melaporkan bahwa penambahan *psyllium husk* pada gluten free *cracker* dapat memperbaiki struktur, tekstur, dan tingkat kerenyahan produk. Selain itu, penelitian oleh Belorio et al., (2021) melaporkan bahwa *psyllium husk* mampu meningkatkan kandungan serat dan kualitas fisik produk pangan bebas gluten. Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan potensi mocaf dan *psyllium husk* dalam pengembangan pangan, penelitian yang mengombinasikan kedua bahan tersebut secara spesifik pada produk *cracker* masih terbatas. Penelitian sebelumnya cenderung mengkaji mocaf sebagai substitusi tepung terigu atau *psyllium husk* sebagai bahan tambahan pada produk pangan bebas gluten secara terpisah. Kesenjangan penelitian tersebut menunjukkan belum banyak informasi mengenai pengaruh variasi proporsi mocaf dan *psyllium husk* terhadap karakteristik sensori serta kandungan gizi *cracker* yang dihasilkan.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan berupa pengembangan *cracker* berbasis kombinasi mocaf dan *psyllium husk* dengan variasi proporsi kedua bahan tersebut untuk memperoleh formula terpilih berdasarkan karakteristik sensori serta mengetahui kandungan zat gizinya. Produk yang dihasilkan diharapkan menjadi alternatif makanan selingan berbasis pangan lokal dengan kandungan serat tinggi yang

berpotensi sesuai untuk penderita diabetes melitus. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis pengaruh variasi proporsi mocaf dan psyllium husk terhadap karakteristik sensori serta menentukan formula terpilih dan kandungan zat gizinya. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi bagi pengembangan pangan fungsional berbasis bahan pangan lokal serta menjadi dasar pengembangan produk pangan tinggi serat yang berpotensi sebagai makanan selingan untuk penderita diabetes melitus.

2. METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan berupa variasi proporsi tepung mocaf dan psyllium husk. Proporsi tepung mocaf dan psyllium husk yang digunakan adalah F1 (95:5), F2 (90:10), dan F3 (85:15). Formulasi produk disajikan pada Tabel 1. Pembuatan produk *cracker* dan uji organoleptik dilakukan di laboratoirum dietetik dan pengembangan produk Prodi Gizi Universitas Muhammadiyah Cirebon, Cirebon, Jawa Barat. Analisis kandungan produk dilakukan di Laboratorium Saraswanti Indo Genetech, Bogor, Jawa Barat. Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2026.

Tabel 1. Formulasi (g) produk *cracker* dengan proporsi tepung mocaf dan psyllium husk yang berbeda (95:5, 90:10, 85:15, berdasarkan berat)

Bahan	Formula (g)		
	F1 (95:5)	F2 (90:10)	F3 (85:15)
Tepung Mocaf	95	90	85
psyllium husk	5	10	15
Margarin	40	40	40
Gula Jagung	6	6	6
Garam	1	1	1
Air	30	30	30
Keju	35	35	35
Telur	25	25	25
Total	237	237	237

Sumber data : Data primer

Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi bahan dan alat untuk pembuatan produk *cracker*, uji organoleptik, dan analisis kandungan produk. Bahan untuk pembuatan produk terdiri dari tepung mocaf, psyllium husk bubuk, gula jagung, garam, margarin, keju, telur, dan air. Alat yang diperlukan untuk pembuatan produk yaitu mangkuk besar, loyang, spatula, dan oven. Bahan untuk uji organoleptik berupa tiga sampel *cracker* yang sudah siap dikonsumsi. Alat yang diperlukan untuk uji ini adalah nampan bersekat dan label untuk produk. Bahan dan alat yang digunakan untuk analisis kandungan produk adalah bahan dan alat untuk keperluan analisis kandungan air, abu, lemak, protein, karbohidrat, dan serat pangan total.

Persiapan Pembuatan Cracker

Proses pembuatan *cracker* diawali dengan menimbang seluruh bahan sesuai formulasi, kemudian mencampurkan bahan kering (tepung mocaf, psyllium husk, gula jagung, keju, dan garam) hingga homogen. Selanjutnya adonan ditambahkan butter, telur, dan air hingga terbentuk adonan yang homogen. Adonan didiamkan selama 10–15 menit agar psyllium husk menyerap air dan membentuk struktur adonan yang lebih elastis. Adonan kemudian dipipihkan dan dicetak menjadi *cracker* berbentuk persegi panjang berukuran $\pm 2 \times 3$ cm dengan ketebalan $\pm 0,2$ cm. Adonan ditempatkan pada loyang yang telah dilapisi kertas roti dan diolesi butter serta dipanggang pada suhu 160°C selama 30 menit. Setelah matang, *cracker* didiamkan selama 5 menit dan disimpan pada suhu ruang. Satu formulasi menghasilkan sekitar 126 buah *cracker* kering dengan berat total 192 gram, sehingga rata-rata berat satu *cracker* sekitar 1,52 g. Satu sajian *cracker* ditetapkan sebesar 30 gram atau setara dengan 20 buah *cracker*.

Analisis Sensori

Analisis sensori meliputi uji hedonik yang dilakukan pada 30 panelis semi terlatih yang dipilih secara purposive. Panelis terdiri atas mahasiswa Program Sarjana Gizi Universitas Muhammadiyah Cirebon yang telah menerima materi mengenai evaluasi sensorik dan memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi panelis meliputi berada pada kondisi sehat serta tidak memiliki alergi, gangguan penciuman, maupun buta warna. Panelis menerima penjelasan dan menandatangani persetujuan sebelum berpartisipasi dalam uji sensori. Panelis ditempatkan pada ruangan bilik uji organoleptik dengan kondisi pencahayaan yang memadai.

Panelis melakukan uji menggunakan panca indranya pada tiga formulasi *cracker* yang disediakan. Uji organoleptik dinilai menggunakan formulir *hybrid hedonik scale* dengan metode skala garis linier yang berkisar dari 1 sampai 9. Skala angka 1 merupakan nilai terendah (amat sangat tidak suka) dan angka 9 adalah nilai tertinggi (amat sangat suka). Indikator yang dinilai dalam uji ini meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur. Setiap panelis diberikan air minum sebagai penetral rasa selama melakukan uji sensori.

Analisis Formula Terpilih

Formula terpilih ditetapkan berdasarkan hasil uji hedonik menggunakan Metode Perbandingan Eksponensial (MPE). Penentuan dilakukan melalui pembobotan setiap parameter sesuai tingkat kepentingannya, dilanjutkan dengan perangkingan, kemudian pengalihan bobot dan peringkat untuk memperoleh nilai akhir. Bobot yang digunakan adalah warna 20%, aroma 25%, rasa 30%, dan tekstur 25%. Formula dengan total skor terendah dipilih sebagai formula terbaik.

Analisis Kandungan Zat Gizi dan Perhitungan Kontribusi Zat Gizi

Analisis kandungan produk terdiri dari analisis proksimat (air, abu, lemak, protein, karbohidrat, dan energi) dan serat pangan. Analisis proksimat meliputi kadar abu yang dianalisis dengan metode SNI 01-2891-1992, kadar air dianalisis dengan metode SNI 8217-2015, protein dianalisis dengan metode Titrimetri, lemak total dianalisis dengan metode Gravimetri, karbohidrat (*By Difference*) dianalisis menggunakan kalkulasi, serta energi total dianalisis dengan metode kalkulasi. Kadar serat pangan total dianalisis menggunakan metode enzimatik-gravimetri. Perhitungan kontribusi zat gizi pada *cracker* formula terpilih dilakukan berdasarkan Angka Kecukupan Gizi (AKG) pada kelompok usia dewasa 19-49 tahun dan Acuan Label Gizi (ALG) pada kelompok umum. *Cracker* dibuat dengan tujuan sebagai makanan camilan tinggi serat. Produk *cracker* diasumsikan untuk diberikan pada waktu makan selingan untuk memenuhi 10-15% kebutuhan energi dalam sehari.

Analisis Data

Data diolah dengan *Microsoft Excel* dan *SPSS Statistics for Windows*. Data hasil uji sensori, kandungan gizi, dan kontribusi gizi dianalisis secara deskriptif dengan menyajikan nilai rata-rata dan standar deviasi. Analisis inferensial berupa uji beda dilakukan juga pada data sensori menggunakan uji ANOVA dan uji lanjut *Duncan* pada data yang berdistribusi normal dan homogen (warna). Namun, pada data yang tidak berdistribusi normal (aroma, rasa, dan tekstur), pengujian dilakukan menggunakan uji *Kruskal–Wallis* dan uji lanjut *Mann–Whitney*. Seluruh analisis dilakukan dengan taraf signifikansi 5% ($p < 0,05$).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

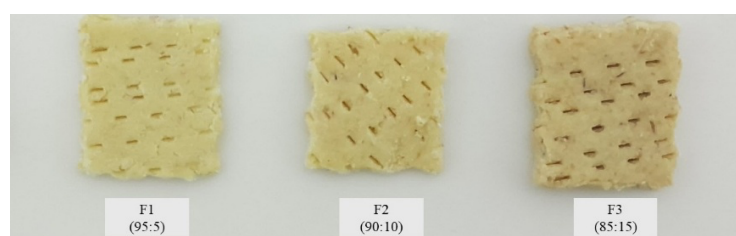
Karakteristik Sensori

Hasil uji sensori terhadap produk *cracker* berbahan dasar tepung mocaf dan psyllium husk disajikan pada Tabel 2, sedangkan penampakan visual produk pada setiap formulasi ditunjukkan pada Gambar 1. Pengujian sensori dilakukan melalui uji hedonik untuk mengukur tingkat kesukaan panelis terhadap atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur pada setiap formulasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa proporsi tepung mocaf dan psyllium husk menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kesukaan panelis terhadap atribut warna ($p=0,021$), namun tidak berpengaruh signifikan terhadap atribut aroma ($p=0,891$), rasa ($p=0,523$), dan tekstur ($p=0,235$). Selain itu, skor sensorik rata-rata untuk semua formula *cracker* berada dalam kisaran yang dapat diterima yaitu dari 5,39 sampai 6,78 dari skala 9 poin.

Tabel 2. Hasil uji hedonik pada produk *cracker* dengan proporsi tepung mocaf dan psyllium husk

Atribut	Formulasi			<i>p-value</i>
	F1 (95:5)	F2 (90:10)	F3 (85:15)	
Warna	6,21±1,43 ^a	6,29±1,37 ^a	5,39±1,24 ^b	0,021
Aroma	5,97±1,07 ^a	5,82±0,90 ^a	5,95±1,16 ^a	0,891
Rasa	6,54±1,12 ^a	6,28±1,29 ^a	6,59±1,42 ^a	0,523
Tekstur	6,29±1,35 ^a	6,48±1,39 ^a	6,78±1,45 ^a	0,235

Sumber data : Data Primer



Gambar 1. Produk *cracker* berbahan dasar tepung mocaf dan psyllium

Warna merupakan atribut sensori yang dinilai secara visual menggunakan indra penglihatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa atribut warna F3 berbeda secara signifikan dengan F1 dan F2. F3 memiliki skor kesukaan panelis terendah dibandingkan formula lainnya. *Cracker* pada formula F3 memiliki warna kekuningan yang lebih gelap dibandingkan formula lainnya. Perbedaan warna tersebut diduga berkaitan dengan proporsi psyllium husk yang lebih tinggi dan mocaf yang lebih rendah pada F3. Peningkatan jumlah psyllium husk dalam formulasi diduga menyebabkan warna *cracker* menjadi semakin gelap sehingga dapat menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap atribut warna. Hasil penelitian serupa juga ditemukan oleh Torres-Perez et al. (2023) yang menunjukkan bahwa roti dengan penambahan psyllium husk yang semakin meningkat (13,2 g) menghasilkan nilai kecerahan yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel kontrol. Penelitian lainnya juga melaporkan bahwa penambahan psyllium husk pada *cracker* menyebabkan bagian dalam biskuit menjadi lebih gelap (nilai L lebih rendah), lebih kemerahan (nilai a lebih tinggi), dan kurang kekuningan (nilai b lebih rendah) (Soh & Thed, 2022). Pigmen alami yang terkandung dalam psyllium husk dapat menjadi penyebab terjadinya perubahan warna menjadi lebih gelap pada produk bakeri (Wojciechowicz-Budzisz et al., 2023).

Aroma merupakan salah satu atribut sensoris yang dapat menentukan penerimaan konsumen. Aroma pada produk pangan berasal dari senyawa organik volatil yang terbentuk selama proses pengolahan, termasuk aroma alami dari bahan baku, reaksi maillard, dan oksidasi lipid (Fan et al., 2025; Shahidi & Hossain, 2022). Tabel 2 menunjukkan skor kesukaan tertinggi pada atribut aroma terdapat pada F1 dan terendah terdapat pada F2. Namun, tingkat kesukaan panelis terhadap atribut aroma secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara formulasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa semua proporsi mocaf dan psyllium husk tidak menimbulkan perbedaan aroma *cracker* yang signifikan. Kondisi tersebut diduga karena mocaf dan psyllium husk tidak mengandung senyawa aromatik kuat yang dapat bersaing dengan bahan-bahan formulasi lainnya. Namun, aroma produk *cracker* yang terbentuk sebagian besar diindikasikan dipengaruhi oleh bahan lainnya seperti margarin, telur, dan keju. Hasil penelitian sebelumnya oleh Santos et al. (2021) menunjukkan bahwa roti bebas gluten dengan penambahan 5,5% psyllium memperoleh skor aroma 5,9–6,6 pada skala 9 poin. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada aroma antara formulasi roti yang ditambahkan psyllium dan formulasi kontrol.

Rasa adalah salah satu faktor penentu utama yang berpengaruh signifikan terhadap tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu produk pangan. Tingkat kesukaan panelis terhadap atribut rasa *cracker* menunjukkan nilai tertinggi pada F3 dan terendah pada F2. Meskipun demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan tingkat kesukaan panelis yang signifikan pada atribut rasa. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan proporsi mocaf dan psyllium husk tidak menimbulkan perbedaan nyata pada rasa *cracker*. Hal tersebut diduga berkaitan dengan mocaf dan psyllium husk yang secara alami memiliki karakter rasa yang relatif hambar sehingga tidak memberikan rasa yang signifikan pada adonan *cracker*. Rasa *cracker* dalam penelitian ini cenderung gurih dan asin. Karakter rasa tersebut diduga berasal dari penambahan margarin, keju, dan garam dalam formulasi. Kombinasi bahan tersebut menghasilkan rasa yang relatif seragam pada setiap formula, sehingga perbedaan proporsi mocaf dan psyllium husk tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kesukaan panelis pada atribut rasa. Penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang serupa bahwa variasi proporsi penambahan mocaf pada produk brownies kripi tidak secara signifikan memengaruhi tingkat kesukaan rasa para panelis (Kiptiyah et al., 2026). Penelitian lainnya pada roti singkong menunjukkan bahwa penambahan psyllium husk juga tidak menghasilkan perbedaan rasa yang signifikan dibandingkan dengan formulasi kontrol (Kanu et al., 2025).

Hasil menunjukkan tingkat kesukaan panelis terhadap atribut tekstur *cracker* menunjukkan nilai tertinggi pada F3. Namun, hasil analisis statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan tingkat kesukaan panelis yang signifikan antara formulasi. Hasil ini mengindikasikan bahwa panelis memberikan evaluasi tingkat kesukaan tekstur yang relatif seragam di semua formulasi *cracker*. Hal ini diduga karena semua proporsi mocaf dan psyllium husk dalam penelitian ini tidak menyebabkan adanya perubahan tekstur yang signifikan pada produk akhir *cracker*. Beberapa penelitian pada *cracker* menunjukkan bahwa tekstur umumnya tetap stabil ketika substitusi yang dilakukan pada formulasi relatif sedikit. Penelitian oleh Giannoutsos et al. (2023) menunjukkan bahwa substitusi tepung fungsional tidak memengaruhi tekstur pada sebagian besar formulasi *cracker*, kecuali pada satu perlakuan dengan kandungan biji zaitun yang tinggi. Penelitian lainnya pada *Cracker* rendah sodium juga tidak menunjukkan perbedaan signifikan pada aspek tekstur kekerasan di antara tujuh formulasi (Pieta et al., 2022).

Formula terpilih

Penentuan formula terbaik ditentukan melalui Metode Perbandingan Eksponensial (MPE) dengan mempertimbangkan empat atribut sensori, yaitu warna, aroma, rasa, dan tekstur. Setiap parameter

diberikan bobot yang berbeda berdasarkan prioritasnya dalam penilaian *cracker*. Parameter rasa diberikan bobot 30% dan lebih tinggi dibandingkan warna (20%), aroma (25%), dan tekstur (25%). Hal tersebut didasari karena atribut rasa sering menjadi faktor penentu utama dalam evaluasi sensori dan atribut utama yang memengaruhi tingkat penerimaan produk pangan. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan formula terpilih pada produk *cracker* dengan proporsi tepung mocaf dan psyllium husk

Atribut	Bobot	Rank			Skor		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3
Warna	20%	2,00	1,00	3,00	0,40	0,20	0,60
Aroma	25%	1,00	3,00	2,00	0,25	0,75	0,50
Rasa	30%	2,00	3,00	1,00	0,60	0,90	0,30
Tekstur	25%	3,00	2,00	1,00	0,75	0,50	0,25
Total skor					2,00	2,35	1,65

Sumber data : Data Primer

Hasil menunjukkan bahwa formulasi F3 memperoleh nilai total terendah, yaitu 1,65, diikuti oleh F1 sebesar 2,00 dan F2 sebesar 2,35. Berdasarkan kriteria pengambilan keputusan yaitu formulasi dengan nilai total terendah ditetapkan sebagai formula terbaik, maka formulasi F3 dengan proporsi tepung mocaf dan psyllium husk sebesar 85:15 dipilih sebagai formula terpilih dalam penelitian ini. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa penambahan psyllium husk hingga 15% pada *cookies* masih dapat diterima dengan baik, karena menyediakan serat pangan dalam jumlah yang memadai serta berpotensi digunakan sebagai intervensi diet untuk mengatasi gangguan kesehatan (Anitha & Ramya, 2020).

Kandungan Gizi Formula Terpilih

Kandungan gizi formula terpilih (F3) disajikan pada Tabel 4. Hasil analisis kandungan produk juga dibandingkan dengan persyaratan mutu biskuit (termasuk *cracker*) berdasarkan SNI 2973:2022 dan persyaratan untuk produk bakeri istimewa (termasuk biskuit non terigu) berdasarkan BPOM nomor 10 tahun 2026 (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2026; Badan Standardisasi Nasional, 2022). Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, protein, karbohidrat, lemak, serat pangan, dan energi total.

Tabel 4. Kandungan gizi formula *cracker* terpilih

Zat gizi	Formula terpilih (F3)	Referensi
Air (%)	3,10±0,03	Maks. 5 ¹
Abu (%)	3,16±0,04	Maks. 0,1 ¹
Protein (%)	3,72±0,09	Min. 4,5 ¹
Karbohidrat (%)	60,66±0,21	-
Lemak (%)	29,37±0,37	Maks 25 ²
Serat pangan (%)	22,67±0,49	-
Energi total (kkal/100g)	521,79±2,16	-

Keterangan : ¹SNI 2973:2022; ²BPOM

Sumber data : Data Primer

Tabel 4 menunjukkan bahwa formula terbaik (F3) telah memenuhi persyaratan mutu *cracker* berdasarkan SNI 2973:2022 untuk parameter kadar air, dengan nilai sebesar 3,10% dari batas maksimum 5%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa formula F3 memenuhi persyaratan mutu berdasarkan parameter kadar air. Kadar air yang rendah pada produk *cracker* diperlukan dalam mendukung karakteristik *cracker* yang renyah sebagai bahan pangan kering dan dapat meningkatkan lamanya daya simpan produk. Nilai kadar air pada penelitian ini relatif sama dengan hasil penelitian Anitha & Ramya (2020) yang melaporkan bahwa kadar air *cookies* dengan penambahan psyllium husk sebesar 5%, 10%, dan 15% berkisar antara 3,60–3,65%. Kadar air produk dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk komposisi bahan dan proses pengolahan. Rendahnya kadar air pada F3 diduga terutama berkaitan dengan proses pemanggangan yang menyebabkan terjadinya penguapan air dari adonan. Selain itu, formulasi F3 juga mengandung sebanyak 15% psyllium husk dan lebih tinggi dibandingkan dengan formula lainnya. Psyllium husk diketahui memiliki kemampuan mengikat dan mempertahankan air yang berkaitan dengan tingginya kandungan serat pangan pada bahan. Kapasitas psyllium husk dalam mengikat air dapat meningkatkan kebutuhan hidrasi adonan, namun kadar air produk akhir bergantung pada kondisi air tersebut yang dapat tertahan atau hilang selama proses pemanggangan (Franco & Gómez, 2022).

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata kadar abu sampel F3 sebesar 3,16%. Kadar abu *cracker* tersebut diketahui melampaui batas maksimum standar SNI 2973:2022 sebesar 0,1%. Kadar abu yang tinggi pada F3 diduga disebabkan karena bahan yang ditambahkan pada formulasi adonan, salah satunya adalah psyllium husk. Psyllium husk diketahui memiliki kandungan abu yang tinggi yaitu 4,1% (Waleed et al., 2022). Penambahan psyllium husk pada produk bakeri diketahui dapat meningkatkan kadar abu produk akhir dibandingkan dengan kontrol. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa biskuit dengan penambahan psyllium husk dan bubuk kulit lemon memiliki kadar abu sebesar 4,30% yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (2,95%) (Soh & Thed, 2022). Kadar abu merupakan parameter yang menggambarkan jumlah residu anorganik yang tersisa setelah komponen organik mengalami proses pembakaran, sehingga nilai kadar abu dapat digunakan sebagai indikator keberadaan mineral dalam produk. Kadar abu yang tinggi pada psyllium husk dan produk sampel diduga berkaitan juga dengan potensi tingginya kandungan mineral. Psyllium husk diketahui memiliki kandungan mineral dalam jumlah yang tinggi yaitu kalsium 2469,80 ppm, magnesium 91,50 ppm, fosfor 255,59 ppm, zat besi 62,42 ppm, dan seng 4,50 ppm (Salama et al., 2023). Bahan pangan yang mengandung mineral dalam jumlah tinggi berpotensi mendukung pengelolaan diabetes melitus karena defisiensi mineral cukup umum terjadi pada penderita diabetes melitus. Kondisi ini terutama disebabkan oleh ekskresi urin akibat hiperglikemia dan gangguan penyerapan. Kromium merupakan suplemen mineral yang paling efektif untuk menurunkan kadar glukosa darah puasa dan resistensi insulin, sementara magnesium dan seng secara konsisten memperbaiki kontrol glikemik dengan berperan sebagai kofaktor enzimatis dalam jalur sinyal insulin (Wal et al., 2026).

Kandungan protein dalam sampel F3 diketahui masih belum memenuhi batas minimum ketentuan persyaratan SNI 2973:2022 dengan nilai sebesar 3,72% dari batas minimum 4,5%. Hasil tersebut diduga berkaitan dengan terbatasnya penggunaan bahan sumber protein yang ditambahkan pada formulasi adonan. Bahan pangan sumber protein yang terdapat dalam adonan *cracker* dapat berasal dari keju dan telur. Namun, kedua bahan tersebut hanya digunakan sebagai bahan tambahan dalam formulasi dengan jumlah yang relatif terbatas, sehingga kontribusinya terhadap peningkatan kadar protein produk menjadi rendah. Selain itu, bahan utama *cracker* yang meliputi tepung mocaf dan psyllium husk juga memiliki kandungan protein yang rendah. Kandungan protein pada mocaf berdasarkan hasil penelitian yaitu 1,93% dan nilai tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan tepung terigu, sedangkan pada psyllium husk yaitu 3,8% (Afifah et al., 2024; Tripathi et al., 2022). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa diperlukan optimasi formulasi dengan meningkatkan proporsi bahan pangan sumber protein seperti tepung kacang-kacangan atau tepung kaya protein lainnya untuk memenuhi standar protein yang sesuai tanpa mengurangi karakteristik sensori. Protein berperan penting dalam mendukung pengelolaan diabetes melitus. Konsumsi protein bersamaan dengan karbohidrat dapat membantu mengurangi peningkatan glukosa darah setelah makan melalui perlambatan pengosongan lambung, stimulasi sekresi insulin dan hormon inkretin, serta modulasi respons glikemik terhadap makanan yang mengandung karbohidrat (Luhovyy & Kathirvel, 2022).

Hasil analisis pada Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata kandungan karbohidrat sampel F3 yaitu 60,66%. Nilai karbohidrat tersebut relatif sama dengan produk *cracker* yang dikembangkan dari hasil penelitian sebelumnya. Negm et al. (2024) menunjukkan bahwa kandungan karbohidrat pada *cracker* yang terbuat dari tepung komposit biji-bijian yaitu sebesar 61,05-70,51% dan nilai tersebut lebih rendah dibandingkan sampel kontrol. Kandungan karbohidrat dalam penelitian ini (F3) diduga dipengaruhi oleh penambahan tepung mocaf sebagai bahan utama dalam formulasi adonan. Mocaf merupakan tepung hasil fermentasi yang berasal dari singkong. Karbohidrat merupakan komponen utama pada singkong, sehingga penggunaan mocaf dalam proporsi yang besar dapat berkontribusi terhadap tingginya kadar karbohidrat pada produk. Kandungan karbohidrat pada mocaf dalam sebuah penelitian dapat berkisar antara 87,99-91,59% yang dipengaruhi oleh perbedaan jenis bakteri asam laktat dan waktu yang digunakan dalam proses fermentasi (Seveline et al., 2020). Selain berasal dari mocaf, karbohidrat dalam *cracker* juga dapat berasal dari bahan lain yang digunakan dalam formulasi, termasuk psyllium husk dan telur. Selain itu, kandungan karbohidrat dalam penelitian ini dihitung menggunakan metode *by difference*, sehingga nilai karbohidrat produk *cracker* dapat dipengaruhi oleh komponen proksimat lainnya yaitu meliputi air, abu, protein, dan lemak yang terkandung pada produk. Pengaturan jumlah dan jenis karbohidrat merupakan salah satu aspek penting dalam diet penderita diabetes melitus. Penderita diabetes disarankan untuk mengonsumsi karbohidrat sebanyak 45-65% dari total kebutuhan energi sehari, khususnya jenis karbohidrat kompleks yang tinggi serat (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021). Karbohidrat dengan tinggi serat umumnya memiliki indeks glikemik yang rendah sehingga pelepasan glukosa ke dalam darah berlangsung lebih lambat. Selain itu, pada tingkat molekuler, makanan dengan indeks glikemik rendah mendorong penyerapan glukosa yang lebih bertahap. Kondisi tersebut dapat memengaruhi aktivasi jalur sinyal reseptor

insulin serta mengurangi beban kerja sel beta penghasil insulin (Mphasha & Vagiri, 2025).

Lemak merupakan salah komponen penting dalam pembuatan *cracker*. Keberadaan lemak dalam jumlah cukup dapat membantu menghasilkan tekstur *cracker* yang lebih renyah dan lembut (Otero-Guzmán et al., 2023). Kandungan lemak pada formula F3 memiliki nilai rata-rata sebesar 29,37% atau setara 29,37 g/100 g. Nilai tersebut melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh BPOM untuk kategori produk bakeri istimewa, yaitu maksimal 25 g/100 g. Kandungan lemak dalam penelitian ini juga diketahui lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya oleh Artina et al. (2023) yang melaporkan bahwa *cracker* yang terbuat dari mocaf dan tepung kacang tunggak (70:30) memiliki kandungan lemak sebesar 17,79%. Tingginya kandungan lemak pada produk *cracker* F3 diduga merupakan kontribusi berbagai bahan yang digunakan dalam formulasi, khususnya penggunaan margarin dalam adonan. Penggunaan margarin pada formulasi dimaksudkan agar *cracker* memiliki tekstur yang lebih renyah. Margarin dapat bertindak dalam penghambatan pembentukan gluten, membantu pemasukan udara selama proses pencampuran, serta menghasilkan tekstur yang renyah dan lembut pada produk bakeri (Gutiérrez-Luna et al., 2022). Namun, sebagai emulsi air-dalam-minyak yang mengandung lemak tinggi, margarin secara langsung berkontribusi besar terhadap tingginya kadar lemak dalam formulasi *cracker*. Oleh karena itu, pembatasan atau penggantian margarin dengan bahan lainnya dapat dilakukan dalam penelitian selanjutnya untuk mengurangi kandungan lemak produk *cracker* dengan tetap mempertahankan tekstur yang dapat diterima oleh panelis. Asupan lemak dalam jumlah yang sesuai berperan penting dalam mendukung pengelolaan diabetes melitus. Rekomendasi asupan lemak untuk pengelolaan diabetes menekankan pada distribusi zat gizi makro yang disesuaikan secara individual dengan total lemak umumnya mencakup 20–25% dari asupan energi serta berfokus pada penggantian lemak jenuh dengan alternatif lemak tak jenuh (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021).

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan serat pangan pada produk F3 sebesar 22,67% atau setara dengan 22,67 g per 100 g bahan. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan klaim “tinggi serat” sesuai dengan ketentuan BPOM, yaitu minimum 6 g serat pangan per 100 g produk (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2022). Hasil penelitian sebelumnya juga melaporkan bahwa kandungan serat pangan pada sampel *cracker* yang ditambahkan 11% psyllium husk dan 5% kulit lemon (15,10 g/100 g) memiliki nilai dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (5,95 g /100 g) (Soh & Thed, 2022). Tingginya kandungan serat pangan pada F3 diduga terutama disebabkan dari penggunaan psyllium husk dan tepung mocaf dalam formulasi adonan. Psyllium husk merupakan sumber serat pangan dengan kandungan total serat pangan mencapai 61,5%-76,63% (Khan et al., 2021; Waleed et al., 2022). Sebagian serat pangan tersebut merupakan serat larut yang didominasi oleh hemiselulosa dan arabinoksilan. Xilosa (64,23%) dan arabinosa (13,38%) merupakan monosakarida utama dalam fraksi arabinoksilan ini. Kandungan tersebut menjadikan psyllium husk memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi dan membentuk gel yang menjadikannya efektif sebagai bahan pangan sumber serat (Waleed et al., 2022). Selain itu, mocaf juga merupakan bahan pangan sumber serat. Kandungan serat tepung mocaf dapat berkisar antara 8,33-11,60% yang dipengaruhi oleh jenis varietas singkong yang digunakan (Dewi et al., 2020). Serat pangan memiliki berbagai manfaat bagi penderita diabetes melitus. Serat pangan, khususnya serat larut, dapat membantu mengelola diabetes melitus dengan menurunkan glukosa darah setelah makan dan kadar glukosa darah puasa, meningkatkan sensitivitas insulin, serta meningkatkan rasa kenyang dan membantu mengendalikan berat badan (Reynolds et al., 2020). Selain itu, serat pangan juga dapat difermentasi oleh mikrobiota usus dan berkontribusi terhadap pembentukan asam lemak rantai pendek, seperti asetat, propionat, dan butirat, yang berperan dalam regulasi metabolisme glukosa (Portincasa et al., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa asam lemak rantai pendek dapat menstimulasi sekresi *glucagon-like peptide-1* (GLP-1) dan *peptide YY* (PYY), mengurangi glukoneogenesis di hati, serta meningkatkan pengambilan glukosa oleh otot dan jaringan adiposa (Salamone et al., 2021).

Kandungan energi per 100 gram dari *cracker* dihitung berdasarkan penjumlahan konversi energi per 1 gram berat protein, lemak, dan karbohidrat. Protein dan karbohidrat mengandung 4 kkal/g, sedangkan lemak mengandung 9 kkal/g. Hasil analisis didapatkan bahwa nilai rata-rata kandungan energi total dari produk *cracker* F3 yaitu 521,79 kkal per 100 gram bahan. Hasil ini memiliki nilai yang hampir sama dengan total energi *cracker* kulit ayam (578,10 kkal/100 g) (Susanti et al., 2022). Namun, hasil total energi pada F3 lebih tinggi dibandingkan penelitian Akeem et al. (2023) pada *cracker* yang terbuat dari campuran tepung millet, biji wijen, dan tigernut yaitu berkisar antara 374,58-381,58 kkal/100 gram. Perbedaan nilai energi tersebut diduga dipengaruhi oleh perbedaan komposisi bahan pada masing-masing formulasi. Selain itu, nilai energi yang relatif tinggi pada F3 diduga berkaitan dengan kandungan lemak sebesar 29,37% dan karbohidrat sebesar 60,66% yang merupakan kontributor utama terhadap energi total produk.

Kontribusi zat gizi *cracker* mocaf dan psyllium husk

Cracker terpilih (F3) dihitung kontribusinya berdasarkan angka Acuan Label Gizi (ALG) dan Angka Kecukupan Gizi (AKG). Besarnya takaran saji produk *cracker* ditetapkan sebesar 30 gram. Berat tersebut didasarkan pada takaran saji pada produk *crackers* komersil yang sudah banyak beredar di pasaran dan juga sesuai rekomendasi dari BPOM yaitu takaran saji untuk produk biskuit berkisar antara 15-50 g (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2026). Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam Tabel 5.

Berdasarkan ALG untuk kelompok umum, komposisi persentase kontribusi zat gizi dari *cracker* mencakup 7,28% untuk energi, 8,81% untuk lemak, 18,20% untuk karbohidrat, 1,12% untuk protein, dan 6,80% untuk serat pangan. Selain itu, kontribusi zat gizi dari *cracker* juga dievaluasi berdasarkan AKG Indonesia untuk kelompok dewasa usia 19-29 tahun dan 30-49 tahun pada laki-laki maupun perempuan. Hasil menunjukkan bahwa per takaran saji produk menyumbang 5,91-6,96% untuk energi, 11,75-14,69% untuk lemak, dan 4,23-5,35% untuk karbohidrat, 1,72-1,86% untuk protein, dan 18,38-22,67% untuk serat. *Cracker* ini disarankan untuk dikonsumsi sebagai camilan pada waktu makan selingan. Konsumsi camilan umumnya mencakup 10–15% dari kebutuhan energi harian. Oleh karena itu, kelompok dewasa disarankan mengonsumsi sekitar 60 gram atau dua kali sajian untuk memenuhi kebutuhan kalori pada waktu selingan (313,07 kkal). Kontribusi ini dinilai memadai untuk memenuhi kebutuhan energi selama waktu selingan untuk kelompok dewasa usia 19-49 tahun berdasarkan AKG (Kementerian Kesehatan, 2019).

Tabel 5. Kontribusi zat gizi *cracker* terhadap ALG dan AKG

Zat Gizi	Kandungan per sajian (30 g)	% ALG	% AKG			
			Laki-laki		Perempuan	
			19-29 th	30-49 th	19-29 th	30-49 th
Energi total (kkal)	156,54	7,28	5,91	6,14	6,96	7,28
Lemak (g)	8,81	13,99	11,75	12,59	13,56	14,69
Kabohidrat (g)	18,20	5,60	4,23	4,39	5,06	5,35
Protein (g)	1,12	1,86	1,72	1,72	1,86	1,86
Serat pangan (g)	6,80	22,67	18,38	18,89	21,25	22,67

Sumber data : Data Primer

Serat pangan merupakan komponen utama yang difokuskan dalam formulasi produk *cracker* penelitian ini. Kebutuhan serat pangan yang direkomendasikan bagi penderita diabetes melitus berkisar antara 20-35 g/hari (Perkumpulan Endokrinologi Indonesia, 2021). Konsumsi satu sajian *cracker* (30 g) dapat memenuhi sekitar 19,43–34,01% kebutuhan serat harian tersebut. Apabila kebutuhan serat harian ditetapkan sebesar 35 g dan alokasi serat untuk satu kali selingan sebesar 15% atau 5,25 g, maka 0,8 sajian *cracker* dalam penelitian ini telah dapat memenuhi kebutuhan serat untuk waktu selingan bagi penderita diabetes melitus. Konsumsi pangan tinggi serat sangat dianjurkan sebagai bagian dari pola makan untuk mendukung pengelolaan diabetes melitus dan meningkatkan luaran kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asupan serat sebesar 35 g/hari berpotensi menurunkan risiko kematian dini sebesar 10–48% pada penderita diabetes melitus. Asupan serat yang tinggi juga dapat memberikan manfaat terhadap berbagai parameter metabolik, termasuk penurunan kadar HbA1c, glukosa darah, trigliserida, *low-density lipoprotein* (LDL), serta berat badan (Nitzke et al., 2024).

Produk *cracker* yang dikembangkan dalam penelitian ini telah memenuhi ketentuan klaim tinggi serat serta berpotensi memenuhi kebutuhan serat pada waktu selingan bagi penderita diabetes melitus. Hal tersebut menjadi salah satu keunggulan utama penelitian ini. Selain itu, penelitian ini memiliki kekuatan dalam pemanfaatan bahan pangan lokal, yaitu mocaf dan *psyllium husk*, yang memiliki kandungan serat tinggi sehingga produk yang diformulasikan berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional. Penelitian ini juga dilengkapi dengan pengujian karakteristik sensori dan kandungan gizi produk sebagai dasar untuk mengevaluasi kualitas *cracker* yang dihasilkan. Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Produk *cracker* telah memenuhi beberapa persyaratan mutu, tetapi formulasi masih perlu dioptimalkan untuk memenuhi persyaratan kadar protein dan lemak. Pengujian organoleptik yang dilakukan juga masih dalam kondisi laboratorium dengan sampel terbatas, sehingga belum dapat menggambarkan secara menyeluruh tingkat penerimaan konsumen kelompok penderita diabetes melitus dalam situasi konsumen yang nyata. Selain itu, penelitian belum mencakup pengujian terkait indeks glikemik, masa simpan, serta keamanan mikrobiologis produk selama penyimpanan. Efektivitas produk terhadap kondisi klinis juga belum diketahui karena belum dilakukan intervensi pada hewan coba atau manusia. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimalisasi formulasi agar hasil akhir produk *cracker* dapat memenuhi persyaratan mutu yang baik. Pengujian indeks glikemik, masa simpan, dan keamanan mikrobiologis juga

perlu dilakukan agar produk lebih siap diterapkan. Uji sensori juga dapat melibatkan kelompok konsumen penderita diabetes melitus sebagai kelompok sasaran, sehingga penerimaan produk dapat dinilai secara lebih spesifik. Penelitian berikutnya juga dapat dilanjutkan melalui uji pada hewan coba atau uji klinis pada manusia untuk mengetahui pengaruh produk terhadap perbaikan kondisi status gizi dan biokimia penderita diabetes melitus. Selain itu, analisis biaya juga penting dilakukan untuk menilai peluang penerapan produk dalam program gizi masyarakat maupun pengembangan produk pangan secara komersial.

4. KESIMPULAN

Formulasi *cracker* dengan penambahan mocaf dan *psyllium husk* pada proporsi F1 (95:5), F2 (90:10), dan F3 (85:15) menghasilkan perbedaan yang signifikan pada atribut sensori warna, tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada atribut aroma, rasa, dan tekstur. F3 ditetapkan sebagai formula terbaik berdasarkan metode MPE dengan kadar air 3,10%, abu 3,16%, protein 3,72%, karbohidrat 60,66%, lemak 29,37%, serat pangan 22,67%, dan energi total 521,79 kkal/100 g produk. Berdasarkan Angka Kecukupan Gizi (AKG) untuk kelompok usia dewasa 19–49 tahun, kontribusi F3 per takaran saji berkisar antara 5,91–6,96% energi, 11,75–14,69% lemak, 4,23–5,35% karbohidrat, 1,72–1,86% protein, dan 18,38–22,67% serat pangan. Kandungan serat pangan pada formula F3 mencapai 22,67 g per 100 g produk, sehingga dapat dikategorikan sebagai produk dengan klaim “tinggi serat” karena telah melebihi batas minimum 6 g serat pangan per 100 g produk yang ditetapkan oleh BPOM, yaitu minimum 6 g serat pangan per 100 g produk. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada beberapa parameter mutu, sehingga penelitian selanjutnya disarankan melakukan optimasi formulasi lebih lanjut.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) di Universitas Muhammadiyah Cirebon atas dukungan pendanaan dalam penelitian ini, sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

REFERENSI

- Afifah, Di. N., Ma'ruf, A., Putri, R. N., Santosa, A. P., & Hamad, A. (2024). Production of High Protein MOCAF (Modified Cassava Flour) Using Papain and Lactic Acid Bacteria. *Molekul*, 19(1), 152. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2024.19.1.9712>
- Akeem, S. A., Mustapha, B. O., Ayinla, R. O., Ajibola, O., Johnson, W. O., & Akintayo, O. A. (2023). Physical characteristics, nutritional composition and acceptability of gluten-free crackers produced from germinated pearl millet (*Pennisetum glaucum*), defatted-sesame seed (*Sesamum indicum*) and defatted-tigernut (*Cyperus esculentus*) composite flours. *Discover Food*, 3(1), 22. <https://doi.org/10.1007/s44187-023-00063-7>
- Alam, S., Hasan, Md. K., Neaz, S., Hussain, N., Hossain, Md. F., & Rahman, T. (2021). Diabetes Mellitus: Insights from Epidemiology, Biochemistry, Risk Factors, Diagnosis, Complications and Comprehensive Management. *Diabetology*, 2(2), 36–50. <https://doi.org/10.3390/diabetology2020004>
- Anitha, S., & Ramya, H. (2020). Physico-chemical and sensory characteristics of psyllium husk powder and pomegranate juice incorporated digestive cookies. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5). www.phytojournal.com
- Arias-Córdova, Y., Ble-Castillo, J. L., García-Vázquez, C., Olvera-Hernández, V., Ramos-García, M., Navarrete-Cortes, A., Jiménez-Domínguez, G., Juárez-Rojop, I. E., Tovilla-Zárate, C. A., Martínez-López, M. C., & Méndez, J. D. (2021). Resistant Starch Consumption Effects on Glycemic Control and Glycemic Variability in Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Crossover Study. *Nutrients*, 13(11), 4052. <https://doi.org/10.3390/nu13114052>
- Artina, Z. J., Ayu, D. F., & Rahmayuni, R. (2023). The Crackers of Modified Cassava Flour (MOCAF) and Cowpea Flour: Chemical and Sensory Properties. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1), 57–64. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2023.12.1.57>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2022). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 1 Tahun 2022 tentang pengawasan klaim pada label dan iklan pangan olahan*.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2026). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 10 Tahun 2026 tentang informasi nilai gizi pada label pangan olahan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2022). *Biskuit (SNI 2973:2022)*. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/13827-sni29732022>.
- Belorio, M., Moralejo, C., & Gómez, M. (2021). Assessing the influence of psyllium as a fat substitute in wheat and gluten-free cookies. *Food Science and Technology International*, 27(8), 693–701.

- <https://doi.org/10.1177/1082013220981332>
- Cho, N. H., Shaw, J. E., Karuranga, S., Huang, Y., da Rocha Fernandes, J. D., Ohlrogge, A. W., & Malanda, B. (2018). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 138, 271–281. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.02.023>
- Dewi, S. S., Hastutik, S. T., & Setiawan, C. K. (2020). Mocaf characteristic test of different varieties of cassava in Gunung Kidul. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 458(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/458/1/012009>
- Fan, W., Che, X., Ma, P., Chen, M., & Huang, X. (2025). Aroma Formation, Release, and Perception in Aquatic Products Processing: A Review. *Foods*, 14(15), 2651. <https://doi.org/10.3390/foods14152651>
- Franco, M., & Gómez, M. (2022). Effect of Psyllium on Physical Properties, Composition and Acceptability of Whole Grain Breads. *Foods*, 11(12), 1685. <https://doi.org/10.3390/foods11121685>
- Giannoutsos, K., Zalidis, A. P., Koukoumaki, D. I., Menexes, G., Mourtzinis, I., Sarris, D., & Gkatzionis, K. (2023). Production of functional crackers based on non-conventional flours. Study of the physicochemical and sensory properties. *Food Chemistry Advances*, 2, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100194>
- Gibb, R. D., Sloan, K. J., & McRorie, J. W. (2023). Psyllium is a natural nonfermented gel-forming fiber that is effective for weight loss: A comprehensive review and meta-analysis. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 35(8), 468–476. <https://doi.org/10.1097/JXX.0000000000000882>
- Gutiérrez-Luna, K., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2022). Gels as fat replacers in bakery products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(14), 3768–3781. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1869693>
- Kanu, A. N., Okogbue, G., & Onwusiribe, C. S. (2025). Effect Of Different Improvers on Gluten-Free Cassava Bread For Enhanced Sensory Attributes, Physical Quality and Proximate Composition. *Journal of Science, Technology and Innovation Research*, 1(Special-Issue). <https://doi.org/10.51459/jostir.2025.1.Special-Issue.056>
- Kementerian Kesehatan. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/138621/permenkes-no-28-tahun-2019>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Survei Kesehatan Indonesia*.
- Khan, A., Khalid, W., Safdar, S., Usman, M., Ahsan Shakeel, M., Jamal, N., Prakash Jha, R., Baig, M., Shehzadi, S., Zubair Khalid, M., & Kamran Shahid, M. (2021). Nutritional and Therapeutic Benefits of Psyllium Husk (Plantago Ovata). In *Acta Scientific MICROBIOLOGY* (Vol. 4).
- Khasanah, Y., Nurhayati, R., Mustikasari, A., & Astuti, I. W. (2021). Karakteristik Fisikokimia dan Mikrobiologi Modified Cassava Flour (Mocaf) yang Difermentasi Menggunakan Starter Kering. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(2), 168. <https://doi.org/10.26578/jrti.v15i2.6674>
- Kiptiyah, S. Y., Dzulfikar, F. M., & Khairiah. (2026). Formulation of Modified Cassava Flour (MOCAF) and Red Rice Flour (*Oryza nivara* Linn.) on the physical-chemical and organoleptic properties of gluten-free crispy brownies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1632(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1632/1/012019>
- Luhovyy, B. L., & Kathirvel, P. (2022). *Food proteins in the regulation of blood glucose control* (F. Toldrá, Ed.; Vol. 102, pp. 181–231). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.05.001>
- Manzocco, L., Romano, G., Calligaris, S., & Nicoli, M. C. (2020). Modeling the Effect of the Oxidation Status of the Ingredient Oil on Stability and Shelf Life of Low-Moisture Bakery Products: The Case Study of Crackers. *Foods*, 9(6), 749. <https://doi.org/10.3390/foods9060749>
- Mao, T., Huang, F., Zhu, X., Wei, D., & Chen, L. (2021). Effects of dietary fiber on glycemic control and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Functional Foods*, 82, 104500. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104500>
- Mphasha, M. H., & Vagiri, R. (2025). A Narrative Review of the Interplay Between Carbohydrate Intake and Diabetes Medications: Unexplored Connections and Clinical Implications. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(2), 624. <https://doi.org/10.3390/ijms26020624>
- Murillo, S., Mallol, A., Adot, A., Juárez, F., Coll, A., Gastaldo, I., & Roura, E. (2022). Culinary strategies to manage glycemic response in people with type 2 diabetes: A narrative review. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1025993>
- Negm, S. H., Barakat, E. H., & Eid, W. A. M. (2024). Processing untraditional healthy crackers formula by using sprouted flour mixes for children. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(11), 8960–8975. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02850-x>
- Nitzke, D., Czermainski, J., Rosa, C., Coghetto, C., Fernandes, S. A., & Carteri, R. B. (2024). Increasing dietary fiber intake for type 2 diabetes mellitus management: A systematic review. *World Journal of Diabetes*, 15(5), 1001–1010. <https://doi.org/10.4239/wjd.v15.i5.1001>
- Noguerol, A. T., Marta Igual, M., & Pagán, M. J. (2022). Developing psyllium fibre gel-based foods:

- Physicochemical, nutritional, optical and mechanical properties. *Food Hydrocolloids*, 122, 107108. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107108>
- Otero-Guzmán, N., Cadena-Chamorro, E., Ciro-Velásquez, H. J., Mejía-Villota, A., & Rodríguez-Sandoval, E. (2023). Application of Modified Cassava Starch as a Fat Substitute in Cracker Production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2023/6888180>
- Papakonstantinou, E., Alsab, V., Lympaki, F., Chanioti, S., Giannoglou, M., & Katsaros, G. (2024). The acute effects of variations in the flour composition of crackers on the glycemic index and glycemic responses in healthy adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, 78(12), 1051–1057. <https://doi.org/10.1038/s41430-024-01482-0>
- Perkumpulan Endokrinologi Indonesia. (2021). *Pedoman pengelolaan dan pencegahan diabetes melitus tipe 2 dewasa di Indonesia*. PB PERKENI.
- Pieta, F., Pieta, A., Marques, C., Burgardt, V. de C. da F., Prado, N. V. do, Machado-Lunkes, A., & Lucchetta, L. (2022). Sodium reduction in crackers: optimization of process to keep sensory quality without technological impacts. *Scientia Agricola*, 79(3). <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2020-0324>
- Portincasa, P., Bonfrate, L., Vacca, M., De Angelis, M., Farella, I., Lanza, E., Khalil, M., Wang, D. Q.-H., Sperandio, M., & Di Ciaula, A. (2022). Gut Microbiota and Short Chain Fatty Acids: Implications in Glucose Homeostasis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1105. <https://doi.org/10.3390/ijms23031105>
- Ren, Y., Linter, B. R., & Foster, T. J. (2021). Effects of psyllium seed husk powder, methylcellulose, pregelatinised starch, and cold water swelling starch on the production of gluten free crackers. *Food & Function*, 12(17), 7773–7786. <https://doi.org/10.1039/D0FO03377D>
- Reynolds, A. N., Akerman, A. P., & Mann, J. (2020). Dietary fibre and whole grains in diabetes management: Systematic review and meta-analyses. *PLOS Medicine*, 17(3), e1003053. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003053>
- Salama, M., EL-wahsh, A., & Awad, R. (2023). Functional ice milk with Psyllium seed husk powder as a fat replacer. In *Egyptian J. Dairy Sci* (Vol. 51).
- Salamone, D., Rivellesse, A. A., & Vetrani, C. (2021). The relationship between gut microbiota, short-chain fatty acids and type 2 diabetes mellitus: the possible role of dietary fibre. *Acta Diabetologica*, 58(9), 1131–1138. <https://doi.org/10.1007/s00592-021-01727-5>
- Santos, F. G., Aguiar, E. V., Rosell, C. M., & Capriles, V. D. (2021). Potential of chickpea and psyllium in gluten-free breadmaking: Assessing bread's quality, sensory acceptability, and glycemic and satiety indexes. *Food Hydrocolloids*, 113, 106487. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106487>
- Seveline, S., Heldyana, R., & Kurniawati, S. (2020). The Use of Three Species of Lactic Acid Bacteria in the Mocafl (Modified Cassava Flour) Production. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 163–172. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2020.009.03.1>
- Shahidi, F., & Hossain, A. (2022). Role of Lipids in Food Flavor Generation. *Molecules*, 27(15), 5014. <https://doi.org/10.3390/molecules27155014>
- Soh, Y. Y., & Thed, S. T. (2022). Utilization of psyllium husk and lemon peels to produce high fibre crackers. *Food Research*, 6(S1), 95–100. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(S1\).012](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(S1).012)
- Susanti, S., Hintono, A., Mulyani, S., Ardi, F. A., & Arifan, F. (2022). Comparison of Chemical Characteristics of Various Commercial Animal Skin Crackers. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 17(4), 314–321. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2022.314.321>
- Tomic, D., Shaw, J. E., & Magliano, D. J. (2022). The burden and risks of emerging complications of diabetes mellitus. *Nature Reviews Endocrinology*, 18(9), 525–539. <https://doi.org/10.1038/s41574-022-00690-7>
- Torres-Perez, R., Martínez-García, E., Igual, M., Martínez-Monzó, J., & García-Segovia, P. (2023). Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose, Xanthan Gum, and Psyllium in the Formulation of Gluten-Free Bread for the Improvement of Organoleptic Quality. *Foods* 2023, 48. <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15053>
- Tripathi, P., Daniel, M., Shankar, P., & Student, P. G. (2022). Nutritional value-added fortified cookies with Psyllium husk (Isabgol). *International Journal of Scientific Development and Research*, 7(6). <https://www.healthline.com/health/digestive-health/whats-the-best-fiber-supplement>
- Tsitsou, S., Athanasaki, C., Dimitriadis, G., & Papakonstantinou, E. (2023). Acute Effects of Dietary Fiber in Starchy Foods on Glycemic and Insulinemic Responses: A Systematic Review of Randomized Controlled Crossover Trials. *Nutrients*, 15(10), 2383. <https://doi.org/10.3390/nu15102383>
- Wahidin, M., Achadi, A., Besral, B., Kosen, S., Nadjib, M., Nurwahyuni, A., Ronoatmodjo, S., Rahajeng, E., Pane, M., & Kusuma, D. (2024). Projection of diabetes morbidity and mortality till 2045 in Indonesia based on risk factors and NCD prevention and control programs. *Scientific Reports*, 14(1), 5424. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54563-2>
- Wal, P., Rai, R., Saxena, B., Sudan, P., Gouru, S. A., Wal, A., Kumar, P. K., & Abida. (2026). Therapeutic Potential of Micronutrients in Glycaemic Regulation among People Living with Diabetes. *Current Chemical Biology*, 20. <https://doi.org/10.2174/0122127968442767260408061048>

- Waleed, M., Saeed, F., Afzaal, M., Niaz, B., Raza, M. A., Hussain, M., Tufail, T., Rasheed, A., Ateeq, H., & Al Jbawi, E. (2022). Structural and nutritional properties of psyllium husk arabinoxylans with special reference to their antioxidant potential. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 2505–2513. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2143522>
- Wojciechowicz-Budzisz, A., Pejcz, E., Sychaj, R., & Harasym, J. (2023). Mixed Psyllium Fiber Improves the Quality, Nutritional Value, Polyphenols and Antioxidant Activity of Rye Bread. *Foods*, 12(19), 3534. <https://doi.org/10.3390/foods12193534>