

Kadar Serat pada Cookies berbahan Tepung Gaplek dan Tepung Tempe sebagai Terapi Celiac Disease

Shabrina Novia Nur Fitriani^{1*}, Sudrajah Warajati Kisnawaty², Fitriana Mustikaningrum³

^{1,2,3}Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia

Email: ¹j310220132@student.ums.ac.id, ²swk329@ums.ac.id

Abstrak

Celiac disease merupakan gangguan autoimun yang memerlukan penerapan diet bebas gluten, sehingga untuk mengoptimalkan penerapan diet tersebut perlu peran serat spesifik pada bahan makanan yang dikonsumsi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kadar serat larut, serat tidak larut, dan serat pangan total di cookies berbahan tepung gaplek dan tepung tempe dengan variasi formulasi. Studi memakai desain eksperimental dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) memuat empat formulasi perbandingan tepung gaplek dan tepung tempe, yaitu F1 (0% dan 0%), F2 (25% dan 75%), F3 (50% dan 50%), serta F4 (75% dan 25%), dengan dua kali pengulangan dan analisis sampel secara duplo. Kadar serat dianalisis memakai metode enzymatic-gravimetric berlandaskan AOAC *Official Method* 991.43 (1992). Data dianalisis *Kruskal-Wallis*, dan *Dunn-Bonferroni* di tingkat signifikansi 95%. Hasil studi memperlihatkan bahwasanya variasi formulasi berpengaruh signifikan terhadap kadar serat larut, serat tidak larut, serta serat pangan total ($p = 0,03$). Formulasi F3 menghasilkan kadar tertinggi, masing-masing sebesar $0,85 \pm 0,45\%$, $10,34 \pm 0,14\%$, dan $11,20 \pm 0,18\%$, sedangkan kadar terendah terdapat pada F1 sebesar $0,43 \pm 0,01\%$, $6,18 \pm 0,18\%$, dan $6,62 \pm 0,19\%$. Uji lanjut menunjukkan perbedaan signifikan antara F1 dan F3. Cookies dengan formulasi F3 memiliki kadar serat tertinggi sehingga berpotensi dikembangkan sebagai alternatif pangan bebas gluten yang dapat mendukung pemenuhan asupan serat pada penderita celiac disease. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian lebih lanjut terkait keamanan bebas gluten, mutu gizi, dan penerimaan produk.

Kata Kunci: *Celiac Disease*, *Cookies*, Serat Pangan, Tepung Gaplek, Tepung Tempe.

Abstract

Celiac disease is an autoimmune disorder requiring a gluten-free diet; therefore, optimizing this diet involves the role of specific fibers in the foods consumed. This study aimed to analyze the levels of soluble fiber, insoluble fiber, and total dietary fiber in cookies made from varying formulations of dried cassava flour (gaplek flour) and tempeh flour. An experimental design using a Completely Randomized Design (CRD) was employed, comprising four formulations based on the ratio of dried cassava flour to tempeh flour: F1 (0% and 0%), F2 (25% and 75%), F3 (50% and 50%), and F4 (75% and 25%), with two replications and duplicate sample analyses. Fiber content was analyzed using the enzymatic-gravimetric method based on AOAC *Official Method* 991.43 (1992). Data were analyzed using the *Kruskal-Wallis* test and *Dunn-Bonferroni* post-hoc test at a 95% significance level. The results showed that formulation variations significantly affected the levels of soluble fiber, insoluble fiber, and total dietary fiber ($p = 0.03$). Formulation F3 yielded the highest levels— $0.85 \pm 0.45\%$, $10.34 \pm 0.14\%$, and $11.20 \pm 0.18\%$, respectively—while the lowest levels were found in F1 ($0.43 \pm 0.01\%$, $6.18 \pm 0.18\%$, and $6.62 \pm 0.19\%$). Post-hoc testing revealed significant differences between F1 and F3. Cookies with the F3 formulation exhibited the highest fiber content, indicating potential for development as a gluten-free food alternative that supports fiber intake for individuals with celiac disease. Further research is recommended to assess gluten-free safety, nutritional quality, and product acceptability.

Keywords: *Celiac Disease*, *Cookies*, Dietary Fiber, Gaplek Flour, Tempe Flour.

1. PENDAHULUAN

Kerusakan pada usus halus yang berujung pada terganggunya proses penyerapan nutrisi dalam tubuh dapat dipicu oleh *celiac disease*, yaitu kondisi medis akibat ketidakmampuan tubuh mentoleransi gluten. Hambatan penyerapan zat gizi ini pada akhirnya memicu munculnya beragam masalah pada sistem dan fungsi organ manusia (Husain *et al.*, 2025). Prevalensi *celiac disease* mencapai sekitar 1% dari populasi dunia dan cenderung terus meningkat, terutama pada individu dengan predisposisi genetik HLA (*Human Leukocyte Antigen*) yang terpapar gluten secara berkelanjutan (Voisine dan Abadie, 2021) Diet bebas gluten (*gluten-free diet/GFD*) hingga kini menjadi satu-satunya terapi yang efektif untuk mengendalikan respons imun dan memperbaiki kerusakan mukosa usus pada penderita *celiac disease*. Meskipun demikian, penerapan GFD di lapangan masih menghadapi kendala nyata, seperti terbatasnya pilihan pangan, harga produk yang relatif mahal, risiko kontaminasi silang, dan yang tidak kalah penting, rendahnya kandungan serat pada sebagian besar produk bebas gluten komersial yang umumnya berbasis pati olahan (Prasetya *et al.*, 2023).

Rendahnya asupan serat pada penderita *celiac disease* menjadi masalah tersendiri karena serat berperan penting dengan menjaga kesehatan saluran cerna. Serat tidak larut bisa menaikkan massa feses serta membantu mempercepat waktu transit usus, sedangkan serat larut bisa difermentasi pada microbiota usus maupun memperoleh *short-chain fatty acids* (SCFA) (Aisah & Octaria, 2024). Kondisi usus penderita *celiac disease* yang telah mengalami kerusakan mukosa akibat paparan gluten menjadikan pemenuhan kebutuhan serat semakin krusial guna mencegah risiko konstipasi dan gangguan pencernaan lain (Armin *et al.*, 2024) Di Indonesia sendiri, tingkat konsumsi serat masyarakat secara umum masih tergolong rendah, yaitu 9,9–10,7 gram per hari, jauh di bawah anjuran kecukupan serat sebesar 30 gram per hari (Alifianita *et al.*, 2022). Kondisi ini menegaskan perlunya pengembangan produk pangan alternatif yang tidak hanya bebas gluten, tetapi juga memiliki kandungan serat memadai dan mudah diterima secara sensoris oleh masyarakat.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan *cookies* bebas gluten berbahan dasar tepung gaplek maupun tepung tempe. Tepung gaplek termasuk salah satu bahan pangan lokal berbasis singkong yang dapat digunakan dalam pengembangan produk bebas gluten. Tepung gaplek memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dan mengandung serat pangan. Pemanfaatan tepung gaplek sebagai bahan dasar produk pangan dapat mendukung diversifikasi pangan lokal sekaligus memberikan alternatif bahan baku dalam pengembangan produk bebas gluten (McCleary, 2023). Di sisi lain, tepung tempe merupakan produk olahan tempe yang diperoleh lewat proses pengeringan dan penggilingan. Fermentasi kedelai oleh kapang *Rhizopus sp.* selama pembuatan tempe menyebabkan terjadinya perubahan komponen kimia bahan dan menghasilkan produk yang mengandung protein, serat, serta berbagai senyawa bioaktif (Madani *et al.*, 2023) Kombinasi kedua tepung lokal ini diharapkan mampu menghasilkan produk *cookies* bebas gluten dengan nilai gizi yang lebih baik, khususnya dari sisi kandungan serat pangan, sekaligus memanfaatkan bahan pangan lokal yang mudah diperoleh dan terjangkau.

Sejumlah penelitian terkini menunjukkan tren pengembangan *cookies* dan produk bakeri bebas gluten berbasis bahan pangan lokal tinggi serat. (Nariah *et al.*, 2024) mengembangkan *cookies* dengan formulasi tepung gaplek maupun tepung tempe yang identik dengan studi ini, namun berfokus pada kadar protein dan tingkat kekerasan produk, sehingga aspek serat pangan belum dikaji secara khusus. (Alifianita dan Aan, 2022) menguji tingkatan air, protein, maupun serat pangan pada *cookies* berbahan

substitusi tepung rebung dan tepung ubi jalar ungu; temuan ini mengonfirmasi bahwasanya penggabungan komoditas lokal sanggup memberikan peningkatan yang berarti pada kadar serat pangan *cookies*. (Muniroh *et al*, 2024) mengembangkan *cookies gluten-free casein-free* berbahan mocaf, garut, dan tempe koro, sementara (Maulani *et al*, 2024) memfortifikasi *cookies* bebas gluten dengan hidrolisat protein ikan lele. Di sisi lain, (Zahra *et al*, 2025) mengkaji menambahkan tepung bunga telang pada kadar serat pangan maupun tekstur *cookies* berbasis tepung mocaf, dan (Shephira *et al.*, 2026) mengembangkan *cookies* berbahan tepung kacang kedelai dan tepung umbi garut khusus sebagai alternatif pangan penderita *celiac disease*.

Nariah *et al.* (2024) telah mengembangkan *cookies* dengan kombinasi tepung gaplek dan tepung tempe, penelitian tersebut berfokus pada kadar protein dan tingkat kekerasan produk. Aspek serat pangan, khususnya serat larut air dan serat tidak larut air, belum dikaji pada kombinasi kedua tepung tersebut. Penelitian lain telah mengevaluasi kadar serat pada *cookies* menggunakan kombinasi bahan yang berbeda, tetapi belum secara spesifik menjelaskan kontribusi kombinasi tepung gaplek dan tepung tempe terhadap kadar serat larut, serat tidak larut, dan serat pangan total. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melengkapi informasi tersebut dengan mengevaluasi ketiga parameter serat pada berbagai formulasi tepung gaplek dan tepung tempe.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kadar serat larut air, serat tidak larut air, maupun serat pangan total pada *cookies* berbahan tepung gaplek serta tepung tempe dengan berbagai variasi formulasi, serta menganalisis perbedaan kadar serat antar formulasi tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi ilmiah tentang potensi memanfaatkan bahan pangan lokal untuk alternatif pangan fungsional tinggi serat bagi penderita *celiac disease*, sekaligus menjadi acuan bagi pengembangan produk pangan bebas gluten berbasis kearifan pangan lokal Indonesia.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan formulasi, mengikuti proporsi yang dikembangkan oleh (Nariah, Kisnawaty, dan Purwani, 2024). Tahapan penelitian dimulai dari pembuatan tepung tempe, yaitu tempe dipotong ± 1 mm, dioven di suhu 150°C dalam 60 menit, didinginkan, kemudian digiling serta diayak hingga didapat tepung tempe. Selanjutnya, pembuatan tepung gaplek dilakukan melalui pengupasan, pencucian, dan pemotongan singkong, dijemur di bawah sinar matahari dalam ± 7 hari, dihaluskan, lalu diayak. Kedua tepung tersebut selanjutnya digunakan untuk membuat *cookies* dengan empat variasi formulasi, yaitu F1 (penambahan 0% tepung gaplek dan 0% tepung tempe), F2 (25% tepung gaplek dan 75% tepung tempe), F3 (50% tepung gaplek dan 50% tepung tempe), dan F4 (75% tepung gaplek dan 25% tepung tempe) dari berat tepung terigu. Setiap formulasi dibuat dengan dua kali pengulangan ($4 \times 2 = 8$ sampel), dan masing-masing sampel dianalisis kadar seratnya secara duplo, sehingga diperoleh total 16 satuan percobaan untuk pengujian serat pangan.

Singkong yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kebun milik peneliti dan selanjutnya diolah menjadi tepung gaplek. Proses pembuatan tepung gaplek meliputi tahap pengupasan, pencucian, pemotongan, penjemuran, penggilingan, dan pengayakan sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Tempe yang digunakan merupakan tempe super kedelai murni yang diperoleh dari pasar di daerah Kleco, Surakarta, kemudian diolah menjadi tepung tempe sesuai dengan prosedur yang telah dijelaskan sebelumnya. Bahan lainnya yang digunakan dalam pembuatan *cookies* meliputi *butter*, gula halus,

kuning telur, ekstrak vanili merek Koepoe Koepoe, garam merek Rosina, dan maizena merek Meizenaku. Bahan-bahan tersebut diperoleh dari salah satu swalayan di daerah Pabelan, Kartasura.

Tabel 1. Formulasi *Cookies* Tepung Gaplek dan Tepung Tempe

	Formulasi Tepung Gaplek Tepung Tempe	
	(%)	(%)
F1	0	0
F2	25	75
F3	50	50
F4	75	25

Sumber: Data primer, mengacu pada Nariah et al. (2024)

Proses pembuatan *cookies* diawali dengan mencampurkan *butter*, gula halus, serta garam sampai *creamy*, kemudian ditambahkan kuning telur maupun ekstrak vanili. Tepung terigu, tepung gaplek, tepung tempe juga maizena dengan sudah diayak dimasukkan dan diaduk hingga rata. Adonan ditimbang sebanyak 12 gram per potong, disusun di atas loyang berlapis kertas roti, kemudian dipanggang pada suhu 140°C selama 25 menit.

2.2 Analisis Kadar Serat Pangan

Analisis kadar serat larut air (*Soluble Dietary Fiber/SDF*), serat tidak larut air (*Insoluble Dietary Fiber/IDF*), dan serat pangan total (*Total Dietary Fiber/TDF*) dilakukan di Laboratorium Chem-Mix Pratama, Bantul, Yogyakarta, menggunakan metode enzimatik-gravimetri. Sampel didegradasi menggunakan enzim α -amilase dan β -amilase (Novozymes, repack) serta pepsin sebagai enzim proteolitik (Millipore No. 107197). Etanol 95% yang digunakan dalam proses analisis merupakan produk Merck (No. 1000983). Selanjutnya, sampel diproses sesuai tahapan metode enzimatik-gravimetri hingga diperoleh residu yang dikeringkan hingga bobot konstan. Kadar serat pangan dihitung berdasarkan bobot residu setelah dikoreksi terhadap kadar protein dan abu sebagai bobot sampel, kemudian dikalikan 100%. Kadar serat pangan total (TDF) dihitung dengan rumus :

$$TDF (\%) = SDF (\%) + IDF (\%). \quad (1)$$

Data hasil pengujian kadar serat larut air, serat tidak larut air, dan serat pangan total dikumpulkan dari setiap perlakuan lalu diolah lewat tahap editing, coding, tabulating, entry maupun cleaning. Seterusnya data dianalisis memakai uji Kruskal-Wallis di tingkat signifikansi 95% guna tahu terdapatnya perbedaan kadar serat antarperlakuan. Jika hasil uji Kruskal-Wallis memperlihatkan perbedaan secara signifikan ($p < 0,05$), analisis diteruskan dalam uji Dunn-Bonferroni lewat Pairwise Comparisons guna mengidentifikasi pasangan perlakuan dalam memperlihatkan perbedaan kadar serat dengan signifikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Serat Larut Air

Hasil uji Kruskal-Wallis memperlihatkan bahwasanya variasi formulasi tepung gaplek maupun tepung tempe ada dampak signifikan terhadap kadar serat larut air pada *cookies* ($p = 0,03$).

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Serat Larut Air

Perlakuan Penambahan Tepung Gaplek dan Tempe	Rata-Rata Serat Larut Air%	Nilai p
F1	0,43 ± 0,01 ^a	0,03
F2	0,65 ± 0,03 ^{ab}	
F3	0,85 ± 0,45 ^b	
F4	0,75 ± 0,33 ^{ab}	

Kadar serat larut air terendah diperoleh pada formulasi F1 (0,43±0,01%) dan tertinggi pada F3 (0,85±0,45%), dengan hasil uji lanjut Dunn-Bonferroni menunjukkan perbedaan signifikan antara F1 dan F3 (Adjusted Sig.=0,002), sementara F2 dan F4 tidak berbeda signifikan dengan keduanya. Pola peningkatan yang searah dengan proporsi tepung tempe hingga formulasi F3 mengindikasikan bahwa kontribusi fermentasi memiliki peran yang lebih dominan dibandingkan sekadar penambahan bahan baku secara aditif. Peningkatan ini diduga berkaitan dengan aktivitas enzim yang dihasilkan kapang *Rhizopus* sp. selama fermentasi kedelai menjadi tempe, yang menguraikan komponen dinding sel menjadi molekul lebih sederhana sehingga meningkatkan fraksi serat larut (Gessaroli, 2023), serta kontribusi komponen pektin pada tepung gaplek yang bersifat larut air (Istirani dan Harsana, 2022). Interaksi antara kedua bahan baku ini tampaknya bersifat saling melengkapi (komplementer): tepung gaplek menyumbang basis pektin, sementara tepung tempe menyumbang produk hidrolisis enzimatis yang meningkatkan fraksi larut secara keseluruhan.

Nilai simpangan baku pada F3 (±0,45) jauh lebih besar dibandingkan formulasi lain, yang mengindikasikan variabilitas antar ulangan cukup tinggi pada titik formulasi optimal ini. Berdasarkan nilai rata-rata sebesar 0,85%, simpangan baku tersebut menghasilkan koefisien variasi sekitar 52,9%, yang menunjukkan tingkat variasi hasil yang relatif tinggi. Variabilitas tersebut kemungkinan berkaitan dengan sensitivitas proses fermentasi tempe yang sulit distandardisasi secara sempurna antar batch, sehingga aktivitas enzimatis yang dihasilkan dapat berbeda meski menggunakan formulasi yang sama. Selain itu, variasi karakteristik bahan baku dan tahapan pengolahan juga dapat berkontribusi terhadap perbedaan hasil antar ulangan. Kemungkinan variasi yang berasal dari presisi metode analisis atau proses pengukuran juga tidak dapat sepenuhnya dikesampingkan. Namun, penelitian ini tidak melakukan analisis khusus terhadap sumber variasi tersebut, sehingga penyebab tingginya koefisien variasi pada F3 belum dapat dipastikan. Oleh karena itu, hasil dengan variabilitas tinggi pada F3 perlu diinterpretasikan secara hati-hati dan menjadi salah satu keterbatasan penelitian, terutama dalam aspek konsistensi hasil pengukuran. Hal ini menjadi catatan penting bagi pengembangan produk lebih lanjut, khususnya terkait standardisasi bahan baku, pengendalian proses produksi, dan konsistensi metode analisis.

Penurunan nilai pada F4 diduga akibat perubahan struktur serat selama proses pemanggangan yang memengaruhi stabilitas fraksi serat larut (Zulkarnaen *et al.*, 2026). Secara mekanistik, paparan suhu tinggi yang berkepanjangan dapat memicu depolimerisasi sebagian polisakarida larut air atau sebaliknya memicu pembentukan ikatan silang (*cross-linking*) dengan komponen protein yang menurunkan kelarutannya dalam air. Mengingat proporsi tepung tempe pada F4 merupakan yang tertinggi di antara formulasi, kandungan protein yang lebih besar berpotensi memperkuat interaksi protein-polisakarida tersebut selama pemanggangan.

Secara fisiologis, serat larut air berperan memperlambat pengosongan lambung, menghambat penyerapan glukosa, serta menjadi substrat fermentasi mikrobiota usus penghasil *short-chain fatty acids* (SCFA) yang mendukung kesehatan mukosa usus (Alifa

et al., 2025) suatu manfaat yang relevan bagi penderita celiac disease yang mengalami gangguan mukosa akibat paparan gluten (Voisine dan Abadie, 2021). Dengan demikian, meskipun kadar serat larut air pada seluruh formulasi tergolong rendah secara absolut dibandingkan kadar serat tidak larut, kontribusinya terhadap profil fungsional produk tetap relevan mengingat perannya yang spesifik dalam modulasi mikrobiota usus, yang berbeda dari peran serat tidak larut.

3.2 Kadar Serat Tidak Larut Air

Hasil uji Kruskal-Wallis memperlihatkan bahwasanya variasi formulasi tepung gaplek maupun tepung tempe ada dampak signifikan dengan kadar serat tidak larut air pada *cookies* ($p=0,03$).

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Serat Tidak Larut Air

Perlakuan Penambahan Tepung Gaplek dan Tempe	Rata-Rata Serat Tidak Larut Air%	Nilai p
F1	$6,18 \pm 0,18^a$	0,03
F2	$9,58 \pm 0,12^{ab}$	
F3	$10,34 \pm 0,14^b$	
F4	$8,34 \pm 0,34^{ab}$	

Pola serupa terlihat pada kadar serat tidak larut air, yang meningkat dari $6,18 \pm 0,18\%$ (F1) menjadi puncaknya $10,34 \pm 0,14\%$ pada F3, kemudian menurun menjadi $8,34 \pm 0,34\%$ pada F4 ($p=0,03$; F1 berbeda signifikan dengan F3). Berbeda dengan serat larut air yang menunjukkan variabilitas tinggi pada F3, kadar serat tidak larut justru menunjukkan simpangan baku yang relatif kecil dan konsisten di seluruh formulasi ($0,12-0,34\%$), mengindikasikan bahwa fraksi serat tidak larut lebih stabil terhadap variasi proses dibandingkan fraksi larut.

Peningkatan ini terutama dikaitkan dengan kontribusi tepung gaplek yang masih mengandung komponen struktural dinding sel seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang relatif stabil terhadap pengolahan (Koano *et al.*, 2025). Nilai serat tidak larut yang jauh lebih tinggi dibandingkan serat larut pada seluruh formulasi (rasio berkisar 12:1 hingga 14:1) sejalan dengan karakteristik umum bahan pangan berbasis umbi dan produk fermentasi kedelai, yang secara alami didominasi oleh komponen struktural dinding sel dibandingkan polisakarida larut.

Penurunan kadar serat tidak larut pada F4 dapat berkaitan dengan perubahan struktur komponen pangan selama pemanggangan. Interaksi protein dan polisakarida serta perubahan konformasi komponen pangan selama pemanasan dapat memengaruhi sifat fisik dan nutrisi matriks pangan (Bianchi *et al.*, 2024). Pada produk *cookies*, perubahan ketersediaan air selama pemanasan juga memengaruhi interaksi antarkomponen dan pembentukan struktur akhir produk (Canalis *et al.*, 2019). Dengan demikian, penurunan serat tidak larut pada F4 diduga merupakan hasil kombinasi perubahan komposisi tepung dan perubahan matriks selama pemanggangan. Karena interaksi protein-polisakarida tidak diukur secara langsung, mekanisme tersebut merupakan interpretasi berdasarkan literatur dan pola hasil penelitian.

Penurunan pada F4 diduga terkait interaksi protein tepung tempe dengan komponen polisakarida selama pemanggangan serta perubahan struktur hemiselulosa akibat panas (Diana & Taufik, 2019). Pola penurunan yang konsisten pada kedua fraksi serat (larut maupun tidak larut) di formulasi F4 memperkuat dugaan bahwa efek termal pemanggangan pada proporsi tepung tempe yang tinggi bersifat sistemik terhadap struktur serat secara keseluruhan, bukan spesifik pada satu fraksi saja (Aristyarini, 2022).

Secara fisiologis, serat tidak larut berperan menaikkan volume feses serta mempercepat transit usus (Voisine dan Abadie, 2021), sehingga kandungan yang tinggi pada F3 berpotensi membantu mengurangi risiko konstipasi yang kerap dialami penderita *celiac disease* akibat rendahnya asupan serat pada produk bebas gluten berbasis pati olahan (Maulani, 2024). Manfaat ini menjadi relevan mengingat produk pangan bebas gluten komersial pada umumnya mengandalkan pati murni (seperti pati jagung atau tapioka) yang praktis tidak mengandung serat, sehingga formulasi F3 berpotensi menjadi alternatif yang secara fungsional lebih unggul dari sisi kandungan serat tidak larut.

3.3 Kadar Serat Pangan Total dan Implikasinya

Hasil uji Kruskal-Wallis memperlihatkan bahwasanya variasi formulasi tepung gaplek serta tepung tempe ada dampak signifikan terhadap kadar serat pangan total pada *cookies* ($p=0,03$).

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Serat Pangan Total

Perlakuan Penambahan Tepung Gaplek dan Tempe	Rata-Rata Serat Total%	Nilai p
F1	$6,62 \pm 0,19^a$	0,03
F2	$10,24 \pm 0,14^{ab}$	
F3	$11,20 \pm 0,18^b$	
F4	$9,09 \pm 0,37^{ab}$	

Kadar serat pangan total, sebagai penjumlahan fraksi serat larut maupun tidak larut, menunjukkan pola secara konsisten: tertinggi pada F3 ($11,20 \pm 0,18\%$) dan terendah pada F1 ($6,62 \pm 0,19\%$), berbeda signifikan ($p=0,03$). Konsistensi pola pada ketiga parameter (serat larut, serat tidak larut juga serat total) yang sama-sama mencapai puncak pada F3 kemudian menurun pada F4 memperkuat bahwa titik optimum formulasi berada pada rasio 50:50 tepung gaplek maupun tepung tempe, bukan di proporsi tepung tempe dengan lebih tinggi. Temuan ini penting secara praktis karena menunjukkan bahwa penambahan tepung tempe tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kadar serat; terdapat titik jenuh yang dipengaruhi oleh interaksi bahan dan proses pengolahan, khususnya pemanggangan.

Hasil ini menegaskan bahwa formulasi 50% tepung gaplek dan 50% tepung tempe menghasilkan keseimbangan komposisi kedua fraksi serat yang paling optimal, sejalan dengan pandangan bahwa serat pangan total mencerminkan kualitas gizi produk secara menyeluruh (Edwin, 2025). Dibandingkan dengan penelitian (Nariah *et al.*, 2024) yang menjadi dasar formulasi penelitian ini namun berfokus pada kadar protein dan tingkat kekerasan *cookies*, temuan mengenai serat pangan pada penelitian ini melengkapi gambaran karakteristik gizi *cookies* tepung gaplek dan tepung tempe secara lebih komprehensif. Dengan kata lain, apabila parameter kekerasan dan kadar protein pada penelitian sebelumnya juga mencapai titik optimal pada formulasi yang sama atau berdekatan dengan F3, maka terdapat indikasi kuat bahwa formulasi 50:50 merupakan titik keseimbangan optimal secara keseluruhan, baik dari aspek sifat fisik, gizi makro, maupun kandungan serat.

Ditinjau dari relevansinya terhadap *celiac disease*, kombinasi serat larut dan tidak larut pada formulasi F3 memberikan manfaat fisiologis yang saling melengkapi: fraksi larut mendukung fermentasi mikrobiota usus dan pembentukan SCFA yang berperan dalam pemeliharaan mukosa usus, sedangkan fraksi tidak larut mendukung motilitas dan volume feses (Alifa *et al.*, 2025). Kombinasi ini penting mengingat penderita *celiac disease* yang menjalani diet bebas gluten berisiko terjadi asupan serat rendah akibat dominasi produk berbasis pati olahan pada pasar pangan bebas gluten (Schiepatti *et al.*,

2023). Selain manfaat pada saluran cerna, ketersediaan produk camilan tinggi serat yang aman dikonsumsi penderita *celiac disease* juga berkontribusi pada aspek kualitas hidup, mengingat keterbatasan pilihan pangan bebas gluten yang bergizi seimbang sering kali menjadi tantangan tersendiri dalam manajemen diet jangka panjang pada kelompok ini.

Meskipun demikian, perlu ditegaskan bahwa manfaat serat pada *cookies* ini bersifat suportif terhadap kesehatan saluran cerna, bukan sebagai pengganti diet bebas gluten sebagai terapi utama *celiac disease*, dan pembuktian efek fisiologis maupun klinisnya masih memerlukan kajian biologis atau klinis lebih lanjut (Alexandra, 2026) Penelitian ini pun terbatas pada analisis komposisi kimiawi produk dan belum mengevaluasi aspek bioavailabilitas serat setelah proses digesti maupun efeknya secara *in vivo*, sehingga interpretasi manfaat fisiologis yang disampaikan bersifat prediktif berdasarkan kajian literatur, bukan hasil pengujian langsung pada penelitian ini.

Secara keseluruhan, formulasi F3 (50% tepung galek: 50% tepung tempe) terbukti menjadi formulasi paling potensial berdasarkan ketiga parameter serat yang diteliti. Temuan ini memperkuat potensi tepung galek dan tepung tempe dua bahan pangan lokal Indonesia sebagai kombinasi bahan baku *cookies* bebas gluten tinggi serat, sekaligus melengkapi penelitian (Nariah *et al.*, 2024) dari aspek kandungan serat pangan yang sebelumnya belum dikaji. Ke depan, kajian lanjutan mengenai daya terima konsumen, stabilitas serat selama penyimpanan, serta uji *in vitro/in vivo* terkait efek fisiologisnya pada model *celiac disease* akan memperkuat basis bukti untuk mendukung potensi aplikasi formulasi ini sebagai produk pangan fungsional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, variasi formulasi tepung galek dan tepung tempe berpengaruh signifikan terhadap kadar serat larut air, serat tidak larut air, dan serat pangan total *cookies*. Formulasi F3 dengan perbandingan 50% tepung galek dan 50% tepung tempe menghasilkan kadar serat larut air, serat tidak larut air, dan serat pangan total tertinggi dibandingkan formulasi lainnya, sedangkan kadar terendah terdapat pada F1 tanpa penambahan tepung galek dan tepung tempe. Uji lanjut *Dunn-Bonferroni* menunjukkan bahwa perbedaan signifikan terdapat antara F1 dan F3, sedangkan pasangan formulasi lainnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dengan demikian, F3 merupakan formulasi yang paling potensial berdasarkan kadar serat yang dihasilkan dan dapat menjadi dasar pengembangan *cookies* bebas gluten untuk mendukung pemenuhan asupan serat pada penderita *celiac disease*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengungkapkan ucapan terima kasih dengan Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Laboratorium Ilmu Pangan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta, juga Laboratorium Chem-Mix Pratama, Bantul, Yogyakarta, atas dukungan, fasilitas serta bantuan yang diberi pada pelaksanaan studi. Tak lupa, penulis ucapkan terima kasih dengan semua pihak yang sudah memberi arahan, dukungan serta kontribusi maka studi ini bisa terlaksana serta diselesaikan secara baik.

REFERENCES

- Aisah, N. N., & Octaria, Y. C. (2024). Dampak serat terhadap produksi asam lemak rantai pendek pada penderita penyakit crohn. *Jurnal SAGO Gizi Dan Kesehatan*, 5(3B), 1102. <https://doi.org/10.30867/gikes.v5i3b.1907>

- Alexandra Gracia, C. P. (2026). Pemanfaatan Kulit Pisang dalam Pembuatan Kue Pisang Bebas Gluten. *Jurnal Inovasi Kewirausahaan*, 3(2), 31-42. DOI 10.37817/jurnalinosikewirausahaan.v3i2
- Alifa Bestari, S., Wildan, D., & Albanna, A. (2025). Peran Diet dalam Mikrobiota Saluran Cerna pada Pasien Kanker Kolon: Systematic Review. *Jurnal kesehatan dan pembangunan*, 15(1), 242-250. <https://doi.org/10.52047/jkp.v15i1.381>
- Aristyarini, R. Y. S. S. E. (2022). Peningkatan Serat Pangan Larut Dari Ampas Tahu Dan Sifat Fungsionalnya Dengan Perlakuan Fisik: Tinjauan Literatur. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(1), 84. Doi 10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.1.84
- Armin, I. A., Gama, A. W., Fauziah, H., Tihardimanto, A., & Sabry, M. S. (2024). Hubungan pola konsumsi serat dengan status gizi pada anak usia sekolah dasar. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 20(1), 22-29. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/JKK>
- Bianchi, P. I., Aronico, N., Santacroce, G., Broglio, G., Lenti, M. V., & Sabatino, A. (2024). Nutritional Consequences of Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Gastroenterology Insights*, 15, 878-894.
- Canalis, M. B., León, A. E., & Ribotta, P. D. (2019). Incorporation of dietary fiber on the cookie dough. Effects on thermal properties and water availability. *Food Chemistry*, 271, 309-317.
- Diana, N., & Taufik, M. (2019). Formulasi cookies dengan fortifikasi tepung tempe dengan penambahan rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Bioindustri (Journal Of Bioindustry)*, 1(2), 245-260. <https://doi.org/10.31326/jbio.v1i2.78>
- Edwin Aditya, M. (2025). Pengembangan Pasta Farfalle Berbasis Tepung Mocaf: Alternatif Pangan Fungsional Tinggi Serat. *Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana*, 20(1).
- Fatia Hilmi Zahra, E. purwani, D. S. (2025). Penambahan Tepung Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.) Terhadap Kadar Serat Pangan Dan Tekstur Cookies Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour). *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 3195-3208. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v9i2.45141>
- Gessaroli, M. , F. L. , S. U. , B. G. , P. A. , Z. R. M. , & F. M. L. (2023). Nutrient intakes in adult and pediatric coeliac disease patients on gluten-free diet: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 77(8), 784-793.
- Husain, H., Wahyuni, S., Fitri Faradilla, R., Ilmu dan Teknologi Pangan, J., Pertanian, F., Halu Oleo, U., kunci, K., Kembang, D., & Pori, K. (2025). Karakteristik Fisik Berbagai Tepung Substitusi Bebas Gluten: Studi Pustaka. *J. Sains Dan Teknologi Pangan*, 10(2), 8397-8407. <https://doi.org/10.63071/4vwwqf82>
- Istirani, A., & Harsana, M. (2022). Gablek Cokelat Cookies Dengan Substitusi Tepung Gablek Sebagai Produk Cookies Tinggi Serat. *Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana*, 17(1).
- Koano, I. S., Bahri, S., Sayuti, M., Mukhtar, M., & Sahara, L. O. (2025). Cellulose, Hemicellulose, and Lignin Content of Two Varieties of Sorghum Straw (*Sorghum bicolor* L. Moench) in Various Types of Bioss. *Jambura Journal of Tropical Livestock Science*, 3(2).
- Madani, A., Fertiasari, R., Tritisari, A., & Safitri, N. (2023). Analisis Kandungan Proksimat Cookies Tepung Tempe. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 1(2), 40-49. <https://doi.org/10.58184/jfsa.v1i2.87>
- Maulani, A. , P. A. , L. H. , & S. I. K. (2024). Karakteristik Gluten Free Cookies Fortifikasi Hidrolisat Protein Ikan Lele. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 19(1), 73-82. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v19i1.991>
- McCleary, B. V. , & M. C. (2023). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods using a rapid integrated procedure of enzymatic-gravimetric-liquid chromatography: first action 2022.01. *Journal of AOAC International*, 106(1), 127-145. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsac098>

- Nafira Alifianita dan Aan Sofyan. (2022). Kadar air, Kadar protein, dan Kadar Serat Pangan pada Cookies dengan Substitusi Tepung Ubi Jalar Ungu dan Tepung Rebung. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 12(2), 37–45.
- Nariah, H., Kisnawaty, S. W., & Purwani, E. (2024). Kadar Protein dan Tingkat Kekerasan pada Cookies Tepung Gaplek dan Tepung Tempe sebagai Potensi Terapi Celiac Disease. *Ghidza: Jurnal Gizi Dan Kesehatan*, 8(2), 232–241. <https://doi.org/10.22487/ghidza.v8i2.1619>
- Prasetya, A., Yonatan, E. R., Subagya, J. C., Tansil, N. J., Lee, Y. Y., & Tenggara, R. (2023). Urinary Gluten Immunogenic Peptides Correlation with Celiac Disease: A Systematic Review. In *Pluit Selatan Raya Street*, 24(3). 10.24871/2522024280
- Puput Lu'lu'ul Muniroh, L. N. H. (2024). Formulasi Dan Kandungan Gizi Cookies Gluten Free Casein Free (Gfcf) Berbahan Modified Cassava Flour (Mocaf), Garut Dan Tempe Koro. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(3), 10085–10092. <https://doi.org/10.31004/jkt.v5i3.32696>
- Schiepatti, A., Maimaris, S., Raju, S. A., Green, O. L., Mantica, G., Therrien, A., Flores-Marin, D., Linden, J., Fernández-Bañares, F., Esteve, M., Leffler, D., Biagi, F., & Sanders, D. S. (2023). Persistent villous atrophy predicts development of complications and mortality in adult patients with coeliac disease: a multicentre longitudinal cohort study and development of a score to identify high-risk patients. *Gut*, 72(11), 2095–2102. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2023-329751>
- Shephira Retri Pramudya, Esty Sukartini, & Sudrajah Warajati Kisnawaty. (2026). Formulasi Tepung Kacang Kedelai (Glycine Max) dan Tepung Umbi Garut (Maranta Arundinacea) pada Cookies sebagai Alternatif Makanan untuk Penderita Celiac Disease (Bebas Gluten). *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(3), 891–902. <https://doi.org/10.55123/insologi.v5i3.8075>
- Voisine, J., & Abadie, V. (2021). Interplay between gluten, HLA, innate and adaptive immunity orchestrates the development of coeliac disease. *Frontiers in Immunology*, 12, 674313. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.674313>
- Zulkarnaen, Z., Meikapasa, N. W. P., & Komalasari, H. (2026). The Effect of Purple Sweet Potato Flour and Mocaf Formulations on Physicochemical Properties of Gluten-Free Cookies. *Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan*, 5(1), 49-58. <https://doi.org/10.30812/jtmp.v5i1.6072>