

Pengaruh Substitusi Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Kadar Serat dan Tekstur Produk Snack Bar

Tata Indira¹, Dwi Sarbini²

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

Email: ¹tataindira3@gmail.com, ²dwi.Sarbini@ums.ac.id

Abstract

The inadequate dietary fiber intake among the Indonesian population contributes to an increased risk of degenerative diseases, including diabetes mellitus. The utilization of Moringa oleifera L. as a functional food ingredient has attracted considerable attention due to its relatively high fiber content and its potential to enhance the nutritional quality of ready-to-eat food products. This study aimed to investigate changes in dietary fiber content and the textural characteristics of snack bars formulated with different levels of moringa leaf flour incorporation. An experimental approach employing a Completely Randomized Design (CRD) was applied, consisting of four treatment formulations with moringa leaf flour substitution levels of 0%, 5%, 10%, and 15%, each conducted in duplicate. Dietary fiber content was determined using the AOAC enzymatic-gravimetric method, while textural properties were evaluated using a Texture Analyzer. Statistical analysis was performed using One-Way ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) to identify differences among treatments. The findings demonstrated that increasing the proportion of moringa leaf flour significantly affected both dietary fiber content and the texture of the snack bars ($p < 0,05$), with fiber levels increasing from 2,51% to 6,87%. The 15% formulation met the criteria for a high-fiber food product, whereas the 5% and 10% formulations were classified as sources of dietary fiber. These results highlight the potential of moringa leaf flour as a valuable ingredient for the development of highly functional snack bar products.

Keywords: Dietary Fiber, *Moringa Oleifera L.*, Snack Bar, Texture.

Abstrak

Asupan serat masyarakat Indonesia yang masih rendah berkontribusi terhadap meningkatnya risiko penyakit degeneratif, termasuk diabetes melitus. Pemanfaatan *Moringa oleifera L.* sebagai bahan pangan fungsional semakin mendapat perhatian karena kandungan seratnya yang relatif tinggi dan potensinya untuk meningkatkan nilai gizi produk pangan siap konsumsi. Penelitian ini difokuskan pada pengkajian perubahan kadar serat pangan serta respons tekstural snack bar yang diformulasikan dengan penambahan tepung Daun Kelor pada berbagai tingkat konsentrasi. Rancangan penelitian eksperimental yang diterapkan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan empat formulasi perlakuan, yaitu substitusi tepung Daun Kelor sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%, yang masing-masing direplikasi sebanyak dua kali. Penentuan kandungan serat dilakukan melalui pendekatan gravimetri enzimatis sesuai prosedur AOAC, sedangkan evaluasi karakteristik fisik produk dilakukan menggunakan instrumen Texture Analyzer. Pengujian statistik memanfaatkan *One-Way ANOVA* yang kemudian diikuti oleh *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)* untuk mengidentifikasi perbedaan antarperlakuan. Hasil analisis memperlihatkan bahwa peningkatan proporsi tepung Daun Kelor menyebabkan perubahan signifikan pada parameter serat pangan dan tekstur snack bar ($p < 0,05$), dengan kadar serat yang mengalami kenaikan dari 2,51% hingga mencapai 6,87%. Formulasi 15% memenuhi kategori pangan tinggi serat, sedangkan formulasi 5% dan 10% tergolong sumber serat. Temuan ini menunjukkan potensi tepung Daun Kelor sebagai bahan baku snack bar bernilai fungsional tinggi.

Kata Kunci: Daun Kelor, Serat Pangan, Snack Bar, Tekstur.

1. PENDAHULUAN

Dalam kerangka pemenuhan gizi seimbang, keberadaan serat pangan memiliki urgensi yang tinggi karena berimplikasi pada optimalisasi kondisi kesehatan individu sekaligus berperan preventif terhadap munculnya berbagai penyakit yang bersifat degeneratif. Konsumsi serat masyarakat Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan angka kecukupan yang dianjurkan. Rendahnya asupan serat berkaitan dengan meningkatnya risiko gangguan metabolik, termasuk diabetes mellitus (Kementerian Kesehatan RI, 2020). Peningkatan jumlah kasus diabetes mellitus secara global menunjukkan bahwa penyakit tidak menular ini masih menjadi persoalan kesehatan yang semakin signifikan. Peningkatan prevalensi diabetes secara global menjadi tantangan kesehatan masyarakat yang semakin serius. Data *International Diabetes Federation* menunjukkan bahwa jumlah penyandang diabetes pada kelompok usia 20–79 tahun telah mencapai sekitar 537 juta orang pada tahun 2021 dan diperkirakan meningkat menjadi 643 juta orang pada tahun 2030. Salah satu faktor yang berkaitan dengan eskalasi kasus tersebut adalah pola konsumsi yang didominasi makanan tinggi gula namun miskin serat. Dari perspektif nutrisi klinis, keberadaan serat pangan berkontribusi terhadap pengendalian metabolisme glukosa melalui pemeliharaan homeostasis kadar gula darah, peningkatan sensitivitas insulin, serta optimalisasi fungsi fisiologis saluran gastrointestinal. Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan serat pada penyandang diabetes perlu mendapat perhatian, dengan rekomendasi konsumsi harian berada pada kisaran 20–35 gram, sedangkan jumlah yang dianjurkan secara umum adalah sekitar 25 gram per hari (Simanjutak *et al.*, 2022).

Pada fase reproduktif, perempuan termasuk populasi yang berisiko mengalami inadekuasi asupan serat, seiring dengan meningkatnya preferensi terhadap produk pangan praktis yang umumnya dicirikan oleh kepadatan energi yang tinggi dan kandungan serat yang relatif rendah. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko gangguan metabolik apabila terjadi dalam jangka panjang (Sofiyanti *et al.*, 2025). Upaya pemenuhan asupan serat masyarakat memerlukan pengembangan produk pangan yang tidak hanya mudah dikonsumsi, tetapi juga memiliki nilai gizi yang memadai dan kandungan serat yang tinggi.

Dalam konteks tersebut, pemanfaatan bahan baku lokal sebagai komponen pangan fungsional semakin mendapat perhatian, salah satunya adalah *Moringa oleifera* L. Tingginya potensi tanaman ini berkaitan dengan profil nutrisinya yang beragam, di mana Daun Kelor diketahui menyediakan protein, serat pangan, vitamin, mineral, serta senyawa antioksidan dalam konsentrasi yang signifikan (Gopalakrishnan *et al.*, 2016). Selain berperan sebagai sumber zat gizi esensial, Daun Kelor juga mengandung berbagai senyawa fitokimia, termasuk alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid, triterpenoid, dan antrakuinon. Keberadaan metabolit sekunder tersebut telah dikaitkan dengan berbagai aktivitas fisiologis dan farmakologis, seperti efek antibakteri, antiinflamasi, detoksifikasi, serta potensi pendukung mekanisme kerja antibiotik alami (Rahim *et al.*, 2019). Keberadaan beta-karoten pada Daun Kelor juga penting karena senyawa ini berfungsi sebagai prekursor vitamin A sekaligus antioksidan yang berkontribusi dalam meredam efek merugikan radikal bebas dan menurunkan risiko berbagai gangguan kesehatan (Age, 2021). Di samping itu, kandungan vitamin C dilaporkan berperan dalam membantu pengendalian kadar insulin pada individu dengan diabetes, sedangkan vitamin E berkontribusi dalam menghambat progresivitas penyakit tersebut (Bidura *et al.*, 2020). Dari aspek serat pangan, Daun Kelor segar mengandung sekitar 0,9 gram serat, sementara bentuk tepungnya memiliki kandungan yang jauh lebih tinggi, yakni mencapai 19,2 gram per 100 gram bahan (Simanjutak *et al.*, 2022). Nilai tersebut melampaui kandungan serat

tepung terigu yang selama ini banyak digunakan dalam formulasi produk pangan. Dengan demikian, substitusi atau penambahan tepung Daun Kelor pada berbagai produk olahan berpotensi meningkatkan kadar serat sekaligus memperkuat karakteristik fungsional pangan yang dihasilkan.

Strategi peningkatan asupan serat dapat diwujudkan melalui diversifikasi produk pangan yang memiliki nilai fungsional. Konsep pangan fungsional merujuk pada kelompok pangan yang tidak semata-mata berfungsi sebagai sumber zat gizi, melainkan juga berpotensi memberikan dampak fisiologis positif yang mendukung derajat kesehatan konsumen (Granato *et al.*, 2020). Di antara berbagai bentuk produk yang dapat dikembangkan, snack bar menjadi salah satu pilihan yang prospektif karena karakteristiknya yang praktis, mudah dibawa, serta dapat diformulasikan dari kombinasi berbagai bahan pangan dengan kandungan gizi yang memadai (Manggabarani *et al.*, 2023). Selain mudah dikonsumsi, snack bar memiliki daya simpan yang cukup baik sehingga berpotensi menjadi alternatif camilan sehat tinggi serat (Lestari *et al.*, 2022). Potensi pemanfaatan snack bar sebagai matriks pangan fungsional semakin besar karena karakteristik produknya memungkinkan integrasi berbagai sumber pangan lokal bernilai gizi tinggi, termasuk tepung Daun Kelor.

Temuan sejumlah studi sebelumnya mengindikasikan bahwa pemanfaatan tepung Daun Kelor sebagai bahan substitusi berkontribusi terhadap peningkatan kandungan serat pada berbagai produk pangan. Menurut (Amin *et al.*, 2025), karakteristik utama tepung Daun Kelor terletak pada kandungan seratnya yang relatif tinggi sehingga berpotensi diaplikasikan sebagai komponen dalam formulasi pangan fungsional. Hasil penelitian (Zainuddin dan Hajriani, 2021) memperlihatkan bahwa fortifikasi tepung Daun Kelor pada produk *base cake bar* berkorelasi dengan meningkatnya kadar serat yang terkandung dalam produk tersebut. Temuan mengenai peran tepung Daun Kelor sebagai sumber serat fungsional memperoleh dukungan empiris dari studi sebelumnya. Dalam penelitian (Priyanto dan Nisa, 2016), formulasi mi instan yang mengandung substitusi tepung Daun Kelor sebesar 10% dilaporkan mengalami peningkatan kandungan serat, yang mengindikasikan potensi bahan tersebut dalam memperbaiki karakteristik gizi produk pangan olahan.

Pemanfaatan tepung Daun Kelor sebagai sumber bahan pangan fungsional telah memperoleh perhatian luas dalam berbagai studi pengembangan produk pangan karena kontribusinya terhadap peningkatan kualitas nutrisi. Temuan yang dilaporkan oleh (Cervera-Chiner *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa formulasi *crackers* yang mengandung tepung Daun Kelor menghasilkan perubahan pada profil gizi sekaligus memodifikasi atribut fisik produk. Pada penelitian lain, (Sandhya dan Chinnathambi, 2024) melakukan formulasi snack bar berbasis millet dengan penambahan tepung Daun Kelor dan amla, kemudian menilai aspek komposisi gizi serta respons sensoris konsumen terhadap produk yang dihasilkan. Secara umum, kedua penelitian tersebut mengindikasikan bahwa keberadaan tepung Daun Kelor dalam formulasi pangan berhubungan dengan peningkatan nilai nutrisi dan perubahan karakteristik organoleptik, termasuk atribut tekstural. Meskipun demikian, fokus kajian yang tersedia masih didominasi oleh pengukuran kualitas gizi, evaluasi sifat fisik secara luas, dan tingkat penerimaan sensoris. Bukti empiris yang membahas hubungan antara variasi proporsi substitusi tepung Daun Kelor dengan total serat pangan serta parameter tekstur yang dianalisis menggunakan instrumen pengukuran objektif pada produk snack bar masih relatif terbatas. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya investigasi lebih mendalam untuk mengkaji respons kandungan serat dan perubahan karakteristik tekstur sebagai konsekuensi dari peningkatan tingkat substitusi tepung Daun Kelor dalam formulasi produk.

Tekstur merupakan atribut mutu makanan yang berkaitan dengan struktur fisik produk dan dapat dideteksi melalui indra pengecap di mulut, baik berupa tekstur kasar, lembut, halus, renyah, kenyal, empuk, hingga keras (Wetri *et al.*, 2022). Aspek tekstur merupakan parameter fisik yang berkontribusi signifikan terhadap evaluasi mutu dan preferensi konsumen terhadap suatu produk pangan, sehingga perubahan karakteristiknya perlu menjadi perhatian dalam proses formulasi (Iswara *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, penerapan tepung Daun Kelor dalam pembuatan snack bar diproyeksikan mampu memperkaya kandungan serat sekaligus mendukung terbentuknya karakteristik tekstural yang sesuai dengan standar kualitas dan penerimaan konsumen.

Penelitian ini difokuskan pada pengkajian pengaruh substitusi tepung Daun Kelor pada beberapa tingkat penggunaan (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap kadar serat pangan total dan tekstur snack bar. Selain menilai peningkatan kandungan serat yang dihasilkan, penelitian ini juga mengkaji perubahan karakteristik tekstur secara instrumental sehingga dapat diperoleh formulasi snack bar yang memiliki kandungan serat lebih tinggi dengan karakteristik tekstur yang tetap baik. Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung Daun Kelor terhadap kadar serat dan tekstur snack bar serta memperoleh formulasi dengan karakteristik kadar serat dan tekstur yang paling baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini difokuskan pada identifikasi respons kandungan serat pangan dan atribut tekstural snack bar terhadap peningkatan proporsi tepung Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) dalam formulasi produk. Untuk memperoleh estimasi pengaruh perlakuan yang objektif, pengujian dilakukan melalui metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Struktur perlakuan dibangun berdasarkan satu variabel independen berupa tingkat penggantian tepung terigu oleh tepung Daun Kelor dengan konsentrasi berturut-turut sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Struktur percobaan menghasilkan delapan unit observasi yang berasal dari dua kali replikasi untuk setiap taraf perlakuan. Pendekatan replikasi yang diterapkan berupa ulangan biologis, sehingga setiap formula dipersiapkan melalui proses produksi yang terpisah dan tidak berasal dari batch yang sama. Pada masing-masing replikasi, seluruh rangkaian pembuatan produk diulang secara mandiri mulai dari pengukuran bahan, formulasi adonan, hingga proses pencetakan, dengan tetap mengacu pada prosedur eksperimental yang seragam untuk meminimalkan variasi yang tidak berasal dari perlakuan. Penggunaan dua kali ulangan juga telah diterapkan pada beberapa penelitian formulasi pangan, seperti penelitian biskuit berbahan tepung jangkrik oleh (Sereda *et al.*, 2024) dan penelitian biskuit kedelai dengan substitusi pisang ambon oleh (Mulyo *et al.*, 2022), yang sama-sama menggunakan dua kali replikasi eksperimen. Variasi konsentrasi substitusi tersebut ditetapkan untuk mengevaluasi sejauh mana penambahan tepung Daun Kelor dapat memengaruhi kadar serat pangan serta perubahan karakteristik tekstur pada snack bar yang dihasilkan. Rangkaian penelitian yang dilaksanakan pada bulan Maret–April diawali dengan preparasi tepung Daun Kelor sebagai bahan substituen, dilanjutkan dengan formulasi produk snack bar, kemudian diakhiri melalui pengukuran karakteristik fisik dan kandungan serat pangan. Aktivitas yang berkaitan dengan pengolahan bahan, pengembangan formula, dan produksi sampel terpusat di Laboratorium Ilmu Pangan Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta. Adapun pengujian parameter mutu produk berupa analisis serat pangan serta penilaian tekstur dilakukan oleh laboratorium eksternal, yaitu CV. Chemmix Pratama Yogyakarta, untuk mendukung validitas hasil karakterisasi produk.

Tepung Daun Kelor umumnya diproduksi menggunakan bahan baku berupa daun muda segar dari tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.), yang dipilih sebagai sumber utama dalam proses pengolahannya, berwarna hijau muda, dan bertekstur lembut. Bahan pembuatan snack bar terdiri atas tepung terigu tinggi protein, tepung Daun Kelor, oat meal, margarin, gula halus, garam halus, susu skim bubuk, kismis, kacang tanah cacah sangrai, dan air mineral matang. Analisis kadar serat pangan dilakukan dengan menggunakan beberapa reagen dan enzim, antara lain buffer fosfat pada pH 7, enzim α -amilase, enzim amiloglukosidase, aquades, larutan NaOH 1 N, serta pelarut etanol 95% dan aseton.

Penelitian ini menggunakan beberapa alat antara lain: *cabinet dryer*, ayakan 80 mesh, *grinder*, oven, loyang aluminium, mangkuk, dan *Texture Analyzer*. Pengujian kadar serat pangan dilaksanakan dengan memanfaatkan berbagai instrumen laboratorium, antara lain gelas beker, penangas air, labu erlenmeyer, oven pengering, corong filtrasi, serta kertas saring sebagai bahan penunjang proses pemisahan.

Pembuatan tepung Daun Kelor mengacu pada metode (Fahlia, 2020) yang dimodifikasi. Daun Kelor segar sebanyak 1,4 kg disortir, dicuci menggunakan air mengalir. Selanjutnya, daun dilakukan proses blansing pada suhu 100°C selama 1 menit. Setelah itu, bahan dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 35°C selama 6 jam 30 menit hingga mencapai kondisi kering dan mudah rapuh. Daun kelor yang telah kering kemudian digiling menggunakan *grinder*, lalu diayak dengan ayakan berukuran 80 mesh untuk memperoleh partikel yang seragam. Serbuk yang dihasilkan selanjutnya disimpan dalam wadah tertutup rapat dan kedap udara untuk menjaga kestabilan kualitasnya.

Pembuatan snack bar mengacu pada metode (Fahlia, 2020) dengan modifikasi formulasi substitusi tepung Daun Kelor. Formulasi perlakuan dalam penelitian ini mencakup substitusi tepung Daun Kelor sebagai pengganti sebagian tepung terigu dengan taraf 0%, 5%, 10%, dan 15%. Setiap komposisi adonan disusun menggunakan bahan tambahan yang konstan, yaitu oat sebanyak 15 g, margarin 20 g, susu skim bubuk 50 g, gula halus 10 g, kismis 30 g, kacang tanah sangrai yang dicacah 15 g, garam 2 g, serta air mineral sebanyak 52 ml. Bahan kering dicampur hingga homogen, kemudian ditambahkan margarin cair, gula, dan garam. Seluruh bahan diaduk hingga membentuk adonan homogen dan ditambahkan oat, kacang tanah cacah sangrai, serta kismis secara bertahap. Adonan kemudian dituangkan ke dalam loyang berbahan aluminium dan dilakukan proses pemanggangan pada suhu 100°C selama 40 menit. Selanjutnya, pemanasan dilanjutkan pada suhu 120°C selama 20 menit dengan penggunaan api bawah, kemudian diakhiri dengan tahap pemanggangan pada suhu yang sama selama 10 menit menggunakan kombinasi api atas dan bawah. Produk snack bar yang telah mencapai tingkat kematangan kemudian didinginkan pada suhu ruang, dipotong menjadi bentuk batangan, dan selanjutnya dikemas sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.

Penentuan kadar serat pangan pada penelitian ini dilakukan melalui pendekatan enzimatik-gravimetri berdasarkan prosedur baku yang ditetapkan oleh Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Sampel snack bar yang telah dihaluskan diberi perlakuan hidrolisis enzimatis menggunakan enzim α -amilase dan amiloglukosidase, kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan fraksi serat pangan. Fraksi residu serta filtrat yang telah diperoleh selanjutnya dikeringkan hingga mencapai bobot tetap. Data hasil pengeringan tersebut kemudian dimanfaatkan untuk menentukan kadar serat pangan total, yang dihitung sebagai akumulasi antara serat pangan tidak larut dan serat pangan larut.

Analisis tekstur snack bar dilakukan menggunakan *Texture Analyzer* Lloyd TA-1 yang dioperasikan melalui perangkat lunak NEXYGEN Plus. Penentuan sifat mekanik sampel dilakukan menggunakan pendekatan analisis tekstur untuk memperoleh informasi

mengenai parameter *hardness*, *gumminess*, dan *chewiness*. Tahap awal pengujian mencakup inisialisasi seluruh komponen sistem, yang terdiri atas komputer, instrumen *Texture Analyzer*, serta aplikasi NEXYGEN Plus sebagai antarmuka operasional. Setelah sistem berada dalam kondisi siap digunakan, bahan uji diposisikan pada platform pengukuran, kemudian dilakukan kalibrasi posisi *probe/plunger* terhadap bidang permukaan sampel guna menjamin ketepatan proses kompresi dan perekaman data. Setelah itu dibuat grafik pengujian baru (*new graph*) dan dimasukkan parameter pengujian yang meliputi persentase kompresi (*compression*) 10%, kecepatan pengujian (*test speed*) 1 mm/s, waktu jeda (*wait time*) 0,5 s, serta kode sampel. Selanjutnya dilakukan kalibrasi jarak tekan sebelum proses pengujian dijalankan. Setelah pengujian selesai, data hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik dan dicetak untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil pengujian dinyatakan dalam satuan Newton (N).

Evaluasi perbedaan kandungan serat pangan serta atribut tekstur antarperlakuan dilakukan melalui pendekatan statistik parametrik menggunakan analisis varians satu arah (*One-Way Analysis of Variance*) yang dioperasikan dengan perangkat lunak SPSS. Keberadaan perbedaan yang bermakna pada tingkat pengujian statistik selanjutnya menjadi dasar pelaksanaan analisis komparatif lanjutan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT), dengan batas probabilitas kesalahan yang ditetapkan sebesar 5% untuk mengidentifikasi kelompok perlakuan yang menunjukkan perbedaan nyata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kadar Serat Pangan Snack Bar Substitusi Tepung Daun Kelor

Analisis terhadap total kandungan serat pangan dilakukan untuk mengidentifikasi dampak substitusi tepung Daun Kelor terhadap kadar serat dalam produk snack bar. Hasil pengujian kandungan serat pangan total pada snack bar dengan variasi tingkat substitusi tepung Daun Kelor ditampilkan pada Tabel 1, yang memperlihatkan adanya variasi nilai kadar serat pada masing-masing perlakuan.

Tabel 1. Profil Kadar Serat Pangan Total pada Snack Bar dengan Variasi Substitusi Tepung Daun Kelor (100 g Sajian)

Substitusi Tepung Daun Kelor	Kadar Serat Pangan Total % (Mean $\pm$ SD)
0%	2,51 $\pm$ 0,07 ^a
5%	3,88 $\pm$ 0,13 ^b
10%	5,54 $\pm$ 0,14 ^c
15%	6,87 $\pm$ 0,06 ^d
Nilai p*	< 0,001

*Uji One Way ANOVA ($p < 0,05$). Data adalah mean $\pm$ SD. Huruf yang berbeda (a, b, c, d) menunjukkan terdapat perbedaan nyata terhadap kadar serat snack bar pada uji DMRT ($p < 0,05$).

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1, kadar serat pangan total pada formulasi snack bar berada pada rentang 2,51–6,87%. Konsentrasi tertinggi teramati pada perlakuan dengan substitusi tepung Daun Kelor sebesar 15%, yang mencapai 6,87%, sedangkan nilai terendah ditemukan pada formulasi kontrol tanpa substitusi tepung Daun Kelor (0%), yakni sebesar 2,51%. Terjadinya peningkatan kandungan serat pangan seiring bertambahnya persentase tepung Daun Kelor dalam formulasi menunjukkan hubungan kuantitatif yang konsisten antara tingkat fortifikasi dan respons parameter yang diamati. Keberadaan pengaruh perlakuan selanjutnya diperkuat melalui pengujian *One Way ANOVA* yang menghasilkan nilai signifikansi di bawah 0,001, jauh melampaui batas penerimaan hipotesis nol ($p < 0,05$). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa perbedaan konsentrasi substitusi berkontribusi secara nyata terhadap variasi karakteristik serat pada

produk snack bar. Hasil analisis lanjutan menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) memperlihatkan tidak adanya kelompok perlakuan yang berada pada kategori homogen, sehingga setiap tingkat substitusi memiliki karakteristik yang berbeda secara statistik. Kondisi ini menegaskan tingginya responsivitas kandungan serat pangan terhadap perubahan komposisi bahan yang digunakan dalam formulasi produk.

Perbedaan kadar serat pada setiap perlakuan menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara tingkat substitusi tepung Daun Kelor dan kandungan serat snack bar. Kenaikan nilai serat yang terjadi secara bertahap pada setiap perlakuan mengindikasikan bahwa proses pengolahan yang dilakukan mampu mempertahankan komponen serat dalam produk akhir. Pola kenaikan yang cenderung konsisten tersebut merefleksikan bahwa modifikasi formulasi memiliki implikasi yang nyata terhadap variasi kandungan serat dalam produk snack bar.

Tepung Daun Kelor dilaporkan oleh Nawai *et al.* (2023) memiliki kandungan serat mencapai 19,20 g per 100 g bahan, yang menunjukkan potensinya sebagai bahan substituen dalam formulasi pangan guna meningkatkan kandungan serat produk. Komponen serat pangan tersebut terdiri atas fraksi larut maupun tidak larut yang masing-masing memiliki fungsi fisiologis penting, terutama dalam mendukung kesehatan saluran pencernaan, membantu regulasi kadar glukosa dalam darah, serta memberikan efek kenyang lebih lama. Peran tersebut secara tidak langsung berkontribusi dalam menurunkan risiko terjadinya penyakit degeneratif (Nawai *et al.*, 2023; Adawiyah *et al.*, 2022).

Sejalan dengan bukti empiris sebelumnya, Zainuddin dan Hajriani (2021) melaporkan bahwa pengayaan formulasi *base cake bar* menggunakan tepung Daun Kelor berkorelasi dengan meningkatnya kandungan serat pangan yang terukur pada produk yang dihasilkan. Pola temuan yang searah juga dikemukakan oleh Priyanto & Nisa (2016) pada pengembangan mi instan berbasis tepung Daun Kelor, di mana pemanfaatan bahan tersebut turut berkontribusi terhadap eskalasi kadar serat dalam produk olahan, di mana peningkatan persentase substitusi menyebabkan kenaikan kandungan serat produk. Kesamaan hasil tersebut menunjukkan bahwa Daun Kelor merupakan sumber serat yang potensial untuk diaplikasikan pada berbagai jenis produk pangan. Temuan penelitian Utama *et al.* (2022) mengindikasikan bahwa variasi tingkat kelembapan serta lama perlakuan termal tidak menimbulkan efek yang bermakna terhadap atribut profil serat dalam matriks bahan pangan.

Penentuan kadar serat pada produk snack bar tidak terlepas dari komposisi bahan penyusun yang digunakan selama proses formulasi. Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan konsentrasi serat seiring bertambahnya proporsi tepung Daun Kelor yang diintegrasikan ke dalam formula. Fenomena tersebut dapat dijelaskan oleh karakteristik tepung Daun Kelor yang memiliki densitas serat lebih tinggi dibandingkan sebagian besar bahan baku penyusun snack bar, sehingga kontribusinya terhadap total serat produk menjadi semakin besar ketika tingkat substitusi ditingkatkan (Rejeki *et al.*, 2024).

Evaluasi terhadap potensi klaim serat mengacu pada Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Nomor 13 Tahun 2016 mengenai pengawasan klaim pada label dan iklan pangan olahan. Regulasi tersebut menetapkan bahwa predikat sumber serat diberikan kepada produk dengan kandungan serat minimal 3 g per 100 g, sedangkan kategori tinggi serat mensyaratkan kadar sekurang-kurangnya 6 g per 100 g produk. Berdasarkan kriteria tersebut, formulasi yang mengandung tepung Daun Kelor sebesar 5% dengan kadar serat 3,88% serta perlakuan 10% dengan kadar serat 5,54% telah memenuhi persyaratan sebagai pangan sumber serat. Di sisi lain, perlakuan substitusi 15% menghasilkan kandungan serat sebesar 6,87%, sehingga telah memenuhi kualifikasi

sebagai pangan tinggi serat. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan level fortifikasi tepung Daun Kelor berperan dalam memperbesar akumulasi serat pangan sekaligus meningkatkan nilai fungsional produk melalui peluang penggunaan klaim serat yang lebih unggul.

3.2. Tekstur Snack Bar Substitusi Tepung Daun Kelor

Tekstur dipahami sebagai salah satu karakteristik fisik sekaligus atribut sensori yang mempunyai kontribusi signifikan dalam membentuk tingkat penerimaan konsumen terhadap produk pangan, termasuk snack bar (Rosida *et al.*, 2020). Tekstur dipengaruhi oleh bahan yang digunakan, proses pembuatan dan pengemasan. Riset ini, karakteristik tekstur snack bar dievaluasi menggunakan alat *Texture Analyzer* dengan tiga indikator utama, yaitu tingkat kekerasan (*hardness*), sifat kekenyalan (*gumminess*), serta kemampuan untuk dikunyah (*chewiness*). Data hasil pengujian tekstur tersebut kemudian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Tekstur Snack Bar Substitusi Tepung Daun Kelor

Substitusi Tepung Daun Kelor	Kekerasan	Kekenyalan	Daya Kunyah
0%	374,7 ± 22,0 ^a	107,5 ± 10,0 ^a	77,6 ± 8,64 ^a
5%	444,4 ± 45 ^{ab}	148,2 ± 29,8 ^{ab}	113,3 ± 22,8 ^b
10%	496,7 ± 71,4 ^b	168,5 ± 35,3 ^b	129,4 ± 18,9 ^b
15%	427,8 ± 54 ^{ab}	111,0 ± 23,4 ^a	68,8 ± 1,14 ^a
Nilai p*	0,039	0,018	0,003

*Uji One Way ANOVA ($p < 0,05$). Data adalah mean ± SD. Huruf yang berbeda (a, b, c, d) menunjukkan terdapat perbedaan nyata terhadap parameter tekstur snack bar pada uji DMRT ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 2, nilai kekerasan tertinggi snack bar diperoleh pada substitusi tepung Daun Kelor 10% sebesar 496,7 N, nilai terendah tercatat pada perlakuan tanpa substitusi (0%) yaitu sebesar 374,7 N. Hasil analisis *One Way ANOVA* menghasilkan nilai signifikansi $p = 0,039$ ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa penambahan tepung Daun Kelor memberikan pengaruh yang nyata terhadap tingkat kekerasan snack bar. Selanjutnya, hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa formulasi dengan substitusi 10% memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan perlakuan 0%, sedangkan perlakuan 5% dan 15% tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kedua perlakuan lainnya.

Kekerasan (*hardness*) merupakan parameter tekstural yang menggambarkan resistensi produk pangan terhadap gaya kompresi hingga terjadi fraktur, serta digunakan sebagai indikator mutu tekstur (Sari & Sihny, 2022). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai kekerasan hingga substitusi tepung Daun Kelor 10%, yang mengindikasikan terbentuknya struktur snack bar yang lebih padat dan kompak (Utama *et al.*, 2022). Peningkatan tersebut berkorelasi dengan karakteristik fisikokimia tepung Daun Kelor, khususnya kadar air yang rendah (6,64%) yang mendorong peningkatan densitas matriks produk. Kadar air diketahui sebagai faktor utama yang memengaruhi sifat mekanik bahan pangan (Engelen, 2018). Selain itu, serat sebagai polisakarida dengan kapasitas ikat air tinggi dapat menghambat gelatinisasi, sehingga menghasilkan struktur yang lebih rigid; akibatnya, peningkatan serat berkontribusi terhadap kenaikan kekerasan produk (Astuti *et al.*, 2019). Secara umum, perubahan formulasi melalui substitusi tepung Daun Kelor memodifikasi karakteristik tekstur produk, yang dipengaruhi oleh komposisi bahan dan dinamika kadar air selama proses pemanggangan (Nur'aini *et al.*, 2022). Berkurangnya kadar air dapat meningkatkan kepadatan struktur produk dan berkontribusi terhadap terbentuknya tekstur yang lebih keras (Azizaah *et al.*, 2022).

Peningkatan nilai *hardness* hingga substitusi tepung Daun Kelor 10% menunjukkan bahwa kandungan serat dan protein pada tepung Daun Kelor masih berkontribusi terhadap pembentukan struktur produk yang lebih padat. Serat mampu menyerap air dan membentuk jaringan yang kompak, sedangkan protein dapat memperkuat matriks adonan melalui ikatan antarmolekul sehingga meningkatkan kekerasan produk (Suryani *et al.*, 2025). Namun, pada substitusi tepung daun kelor 15% nilai *hardness* mengalami penurunan. (Rahardjo & Sihombing, 2026) menyatakan bahwa serat pangan dan protein pada tepung Daun Kelor dapat berinteraksi dengan jaringan gluten sehingga mempengaruhi penyerapan air dan elastisitas adonan. Peningkatan kadar tepung Daun Kelor dapat menyebabkan gangguan pada matriks gluten dan kompetisi dalam pengikatan air. Selain itu, tingginya kandungan serat dan protein pada tepung Daun Kelor dapat memicu interaksi pati-serat-air dan pati-protein-air yang menghambat pengembangan dan gelatinisasi pati (Giuberti *et al.*, 2021). Nilai *hardness* juga dipengaruhi oleh jaringan matriks struktural yang terbentuk dari interaksi pati, protein, dan komponen lain dalam formulasi produk (Mpalanzi *et al.*, 2023). Hal tersebut menyebabkan pembentukan matriks struktural menjadi kurang optimal sehingga tekstur produk cenderung lebih mudah hancur atau remah dan nilai *hardness* pada substitusi 15% lebih rendah dibandingkan substitusi 10% (Azizaah *et al.*, 2022).

Kekenyalan (*gumminess*) merupakan parameter tekstural dalam analisis profil tekstur (*Texture Profile Analysis/TPA*) yang menggambarkan energi internal yang dibutuhkan untuk mendisrupsi struktur matriks pangan semi-padat hingga mencapai kondisi siap konsumsi melalui proses penurunan ukuran partikel (Azizaah *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil pengujian, formulasi snack bar dengan substitusi tepung Daun Kelor sebesar 10% menunjukkan nilai kekenyalan maksimum, yaitu 168,5 N. Peningkatan nilai ini mengindikasikan adanya penguatan interaksi antar-komponen penyusun matriks produk, sehingga menghasilkan struktur yang lebih kompak, padat, dan resisten terhadap deformasi mekanik. Secara fungsional, peningkatan *gumminess* tersebut berkaitan dengan kontribusi fraksi serat pangan dalam tepung Daun Kelor yang berperan sebagai agen pengikat air sekaligus pembentuk jaringan gel dan matriks struktural. Keberadaan serat meningkatkan densitas struktur serta memperkuat kohesi internal antarpartikel, sehingga diperlukan gaya yang lebih besar untuk melakukan disintegrasi struktur sebelum proses penelanan. Namun demikian, fenomena peningkatan ini hanya bersifat optimal pada level substitusi tertentu, yakni 10%, yang menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut terjadi keseimbangan antara penguatan struktur matriks dan stabilitas sistem dispersi komponen penyusun snack bar (Azizaah *et al.*, 2022).

Namun, pada substitusi tepung Daun Kelor 15%, nilai kekenyalan mengalami penurunan menjadi 111,0 N dibandingkan substitusi 10%, meskipun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan substitusi 0%. Tingginya konsentrasi penggunaan tepung Daun Kelor dapat menurunkan kohesivitas internal produk sehingga tekstur snack bar menjadi lebih rapuh dan kurang kenyal (Azizaah *et al.*, 2022).

Dalam kajian sifat tekstural bahan pangan, istilah *chewiness* dipahami sebagai indikator kuantitatif yang merepresentasikan besarnya energi mekanik yang diperlukan selama proses mastikasi hingga makanan dapat dikunyah secara optimal. Parameter ini umumnya diaplikasikan secara khusus pada sistem pangan dengan karakteristik semi-padat yang membutuhkan gaya kunyah lebih tinggi sebelum proses penelanan terjadi (Azizaah *et al.*, 2022). Nilai daya kunyah (*chewiness*) snack bar menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya substitusi tepung Daun Kelor hingga substitusi 10%, dan mengalami penurunan pada substitusi 15%. Peningkatan nilai daya kunyah menunjukkan bahwa snack bar membutuhkan usaha yang lebih besar untuk dikunyah hingga siap ditelan. Hal ini berkaitan dengan meningkatnya kandungan serat

akibat substitusi tepung Daun Kelor yang berkontribusi terhadap terbentuknya struktur produk yang lebih padat dan kompak. Kebutuhan energi selama proses mastikasi meningkat seiring dengan bertambahnya tingkat kekerasan pada suatu bahan pangan, karena material yang lebih keras menuntut gaya kunyah yang lebih besar sebelum dapat mengalami perubahan tekstur menjadi bentuk yang siap untuk ditelan. (Azizaah *et al.*, 2022) menjelaskan bahwa kemampuan suatu produk dalam menentukan besarnya daya kunyah tidak hanya ditentukan oleh tingkat kekerasannya, tetapi juga merupakan hasil interaksi dari beberapa karakteristik tekstural lainnya, yaitu kohesivitas serta elastisitas (*springiness*) yang dimiliki oleh produk tersebut. Perubahan karakteristik mekanik pada produk snack bar menunjukkan bahwa komponen gluten dalam tepung terigu memiliki peran penting dalam pembentukan struktur elastis. Ketika tepung Daun Kelor digunakan sebagai bahan substitusi, terjadi gangguan pada jaringan gluten sehingga kekuatan elastisitas menurun dan tekstur cenderung menjadi lebih kaku. Peningkatan proporsi tepung Daun Kelor berkorelasi dengan penurunan sifat elastis tersebut, sehingga produk menunjukkan kecenderungan kekerasan yang lebih tinggi (Khoerunisa *et al.*, 2024).

Analisis daya kunyah mengungkapkan perbedaan signifikan antar formulasi, di mana substitusi 10% tepung Daun Kelor menghasilkan nilai tertinggi sebesar 129,4 N. Sebaliknya, peningkatan substitusi hingga 15% justru menurunkan nilai tersebut hingga 68,8 N, yang mengindikasikan berkurangnya energi yang dibutuhkan untuk mengunyah akibat perubahan struktur matriks produk. Pola serupa juga terlihat pada parameter *hardness*, *gumminess*, dan *chewiness*, yang semuanya meningkat hingga level substitusi 10% sebelum mengalami penurunan pada 15%, sehingga menunjukkan respons tekstural yang selaras terhadap variasi komposisi bahan.

Secara komprehensif, integrasi tepung Daun Kelor dalam formulasi snack bar memperlihatkan adanya keseimbangan antara peningkatan nilai fungsional dan modifikasi sifat fisik produk. Kandungan serat cenderung meningkat seiring bertambahnya proporsi tepung Daun Kelor, namun konsekuensi struktural berupa perubahan tekstur tidak dapat dihindari. Formulasi 10% menghasilkan kadar serat sebesar 5,54% yang telah memenuhi standar pangan sumber serat menurut ketentuan BPOM, sekaligus menunjukkan nilai *hardness*, *gumminess*, dan *chewiness* yang paling tinggi sehingga mengindikasikan struktur produk yang lebih kompak dan padat. Sementara itu, formulasi 15% memang memberikan kadar serat yang lebih tinggi, yakni 6,87%, tetapi diikuti oleh penurunan beberapa parameter tekstur dibandingkan perlakuan sebelumnya. Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan substitusi bahan berpotensi memperkaya kandungan gizi, namun perlu diimbangi dengan pengendalian mutu tekstural agar karakteristik sensori produk tetap optimal.

4. KESIMPULAN

Substitusi tepung Daun Kelor pada formulasi snack bar memberikan pengaruh nyata terhadap kadar serat pangan total dan karakteristik tekstur produk. Peningkatan proporsi tepung Daun Kelor menyebabkan kadar serat pangan total meningkat secara bertahap hingga mencapai 6,87% pada substitusi 15%. Berdasarkan kategori klaim gizi, formulasi dengan substitusi 5% dan 10% termasuk pangan sumber serat, sedangkan formulasi dengan substitusi 15% memenuhi kriteria pangan tinggi serat. Di sisi lain, karakteristik tekstur yang meliputi kekerasan, kekenyalan, dan daya kunyah menunjukkan peningkatan hingga tingkat substitusi 10%, kemudian mengalami penurunan pada substitusi 15%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan tepung Daun Kelor tidak hanya berperan dalam meningkatkan nilai gizi produk, tetapi juga mempengaruhi pembentukan struktur tekstur snack bar. Formulasi dengan substitusi 10% menghasilkan karakteristik tekstur yang baik, sedangkan substitusi 15% memberikan

kandungan serat tertinggi. Dengan demikian, tepung Daun Kelor berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan substitusi dalam pengembangan snack bar tinggi serat dengan karakteristik tekstur yang tetap baik.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi parameter mutu lainnya, seperti kandungan protein, lemak, abu, karbohidrat, vitamin, mineral, serta aktivitas antioksidan guna memperoleh informasi yang lebih menyeluruh mengenai kualitas gizi produk. Selain itu, pengujian daya terima konsumen dan umur simpan juga perlu dilakukan untuk menilai tingkat penerimaan serta kestabilan mutu selama penyimpanan. Pengembangan formulasi dengan variasi tingkat substitusi yang lebih luas dapat menjadi alternatif untuk memperoleh snack bar berbasis tepung Daun Kelor dengan keseimbangan yang optimal antara kandungan serat dan karakteristik teksturnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penghargaan akademis secara khusus dinyatakan oleh penulis kepada dosen pembimbing yang telah berkontribusi dalam memberikan pengarahan konseptual sekaligus pendampingan berkelanjutan selama rangkaian kegiatan penelitian dilaksanakan. Di samping itu, keberlangsungan studi ini juga ditopang oleh ketersediaan sarana penelitian dan pengujian, yang mencakup fasilitas Laboratorium Ilmu Pangan pada Program Studi Ilmu Gizi Universitas Muhammadiyah Surakarta serta dukungan layanan pengujian sampel dari CV. Chemmix Pratama Yogyakarta, yang keduanya berperan penting dalam mendukung kelancaran proses penelitian.

REFERENCES

- Adawiyah, D. R., Wefiani, F. P., & Patricia, K. (2022). Karakterisasi Serat Pangan, Kapasitas Pengikatan Air dan Kemampuan Emulsifikasi Biji Selasih dan Chia. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 8(2), 63–69. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2021.8.2.63>
- Age, S. (2021). Pengaruh Pemberian Rebusan Daun Kelor Terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah Diabetes Melitus. *Journal Health and Science*, 5(2), 252-256 <https://doi.org/10.35971/gojhes.v5i2.10383>
- Amin, F. A., Puspita, T., & Suwita, K. (2025). Effect of Sorghum bicolor L. and Moringa oleifera Leaf Flour Substitution on the Nutritional and Organoleptic Quality of Snack Bars for Type 2 Diabetes Mellitus Patients. *Pangan Dan Aplikasinya*, 9(1), 67–82. <https://doi.org/10.21580/ns.2025.9.1.177298287>
- Astuti, S., Suharyono, A., & Anayuka, S. A. (2019). Sifat Fisik dan Sensori Flakes Pati Garut dan Kacang Merah dengan Penambahan Tiwul Singkong Physical and Sensory Properties of Arrowroot Starch and Red Beans Flakes with Tiwul Cassava Addition. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 19(3), 225–235. <https://doi.org/10.12871/jppt.v19i3.1440>
- Azizaah, E. N., Supriyanto, & Indarto, C. (2022). Profil Tekstur Snack Bar Tepung Jagung Talango Yang Diperkaya Antioksidan Dari Tepung Kelor (*Moringa oleifera* L.). *JITIPARI (Jurnal Ilmiah Teknologi dan Industri Pangan UNISRI)*, 7(2), 100-108. <https://doi.org/10.33061/jitipari.v7i2.7511>
- Bidura, I., Partama, I. B. G., Utami, I. A. P., Candrawati, D., Puspani, E., Suasta, I. M., Warmadewi, D. A., Okarini, I. A., Wibawa, A. A. P., Nuriyasa, I. M., & Siti, N. W. (2020). Effect of Moringa oleifera leaf powder in diets on laying hens performance, β -carotene, cholesterol, and minerals contents in egg yolk. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 823(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/823/1/012006>
- BPOM RI. (2016). Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2016 tentang Pengawasan Klaim pada Label dan Iklan Pangan Olahan. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 887.

- Cervera-Chiner, L., Sanz, A., García-Mares, F. J., Castelló, M. L., & Ortolá, M. D. (2024). *The Effect of the Incorporation of Dried Moringa Leaf Powder on the Physicochemical and Sensory Properties of Snack Crackers*. 10. <https://doi.org/10.3390/blsf2024037010>
- Engelen, A. (2018). Analisis kekerasan, kadar air, warna dan sifat sensoripada pembuatan keripik daun kelor. *Journal of Agritech Science*, 2(2), 10-15. <https://doi.org/10.30869/jasc.v2i1.173>
- Fahlia, N. (2020). Pengaruh Substitusi Tepung Daun Morange (*Moringa Oleifera* Lam.) Terhadap Sifat Organoleptik Dan Kadar Kalsium Snack Bar. *Jurnal Gizi dan Pangan Soedirman*, 4 (2), 216-228. <https://doi.org/10.20884/1.jgipas.2020.4.2.2794>
- Giuberti, G., Bresciani, A., Cervini, M., Frustace, A., & Marti, A. (2021). Moringa oleifera L. leaf powder as ingredient in gluten-free biscuits: Nutritional and physicochemical characteristics. *European Food Research and Technology*, 247(3), 687-694. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03656-z>
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. In *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>
- Granato, D., Barba, F. J., Bursa'cbursa'c, D., Kovačević, K., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology*, 11(1), 93-118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519>
- International Diabetes Federation. (2021). *IDF Diabetes Atlas* (10th ed.). Brussels, Belgium: International Diabetes Federation.
- Iswara, J. A., Julianti, E., & Nurminah, M. (2019). Karakteristik tekstur roti manis dari tepung, pati, serat dan pigmen antosianin ubi jalar ungu. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 7(4), 12-21. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2019.007.04.2>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Khoerunisa, P., Fizriani, A., & Tubagus, R. (2024). Chemical Characteristics and Acceptability of Bagelen Dry Bread with the Addition of Moringa Leaf Flour (*Moringa Oleifera* Lam). *FoodTech: Jurnal Teknologi Pangan*, 7(1), 16–25. <https://doi.org/10.26418/jft.v7i1.79426>
- Lestari, T. A., Jumiono, A., Fanani, M. Z., & Akil, S. (2022). Proses Pengolahan Telur Beku. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 4(1), 35-39. <https://doi.org/10.30997/jiph.v4i1.9829>
- Manggabarani, S., Tanuwijaya, R. R., & Abriyani, A. H. (2023). Formulasi Snack Bar Pisang Mas dengan Substitusi Daun Kelor terhadap Karakteristik Fisik dan Kandungan Gizi sebagai Pangan Fungsional Ibu Menyusui. *Journal of Nursing and Health Science*, 3(1), 9–16. <https://doi.org/10.58730/jnhs.v3i1.214>
- Mpalanzi, V. T., Chaula, D. N., & Wenaty, A. (2023). Textural, cooking quality and sensory acceptability of noodles incorporated with Moringa Leaf and sardine powders. *European Journal of Nutrition and Food Safety*, 15(10), 1-20. DOI: 10.9734/EJNFS/2023/v15i101341
- Mulyo, G. P., Sukowati, S. A., Sulaeman, A., Rahmat, M., Saleky, Y. W., Syarief, O., & Fauziyah, R. N. (2022). Analysis of liability and protein content of soybean biscuits with Ambon banana as an alternative to emergency food for the elderly. *Slovak Journal of Food Sciences*, 16, 568-578. doi. 10.5219/1753
- Nawai, F. A., Pramono, A., Afifah, D. N., & Ratna Noer, E. (2023). Pengaruh Konsumsi Kukis'Mangpis' Terhadap Pemeriksaan Gula Darah Perver Dan Vena Subjek Obesitas. *Penelitian Gizi dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research)*, 46(2), 57-68. <https://doi.org/10.36457/pgm.v46i2.751>

- Nur'aini, H., Widawati, L., Ningsih, N. S., & Prasetya, A. (2022). Formulasi dan karakteristik mutu snack bar berbasis tepung pisang jantan (*Musa paradisiaca* var *paradisiaca*) dan tepung ampas tahu. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 20(2), 543-554. <https://doi.org/10.32663/ja.v20i2.3179>
- Priyanto, A. D., & Nisa, F. C. (2016). Formulasi Daun Kelor dan Ampas Daun Cincau Hijau Sebagai Tepung Komposit pada Pembuatan Mie Instan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 17(1), 29-36
- Rahardjo, M., & Sihombing, M. (2026). Physical and sensory characteristics of sourdough bread with local superfood leaf flour substitution. *AGROMIX*, 17(1), 1-11. <https://doi.org/10.35891/cn010q46>
- Rahim, A., Herlianti, & Rostiati. (2019). Karakteristik kimia dan organoleptik teh daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) berdasarkan ketinggian tempat tumbuh. *Ghidza: Jurnal Gizi dan Kesehatan*, 3(2), 59-62. <https://doi.org/10.22487/j26227622.2019.v3.i2.14043>
- Rejeki, S., Faradilla, R. F., Elvira, I., & Nadila. (2024). Analisis Asupan Energi, Karbohidrat, dan Serat dari Pangan Pokok di Wilayah Non Pertanian di Kota Baubau 2022. *Jurnal Gizi Ilmiah*, 11(1), 35-41. <https://doi.org/10.46233/jgi.v11i1.1193>
- Rosida, D. F., Putri, N. A., & Oktafiani, M. (2020). Karakteristik Cookies Tepung Kimpul Termodifikasi (*Xanthosoma sagittifolium*) Dengan Penambahan Tapioka. *AGROINTEK*, 14(1), 45-56. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v14i1.6309>
- Sandhya, J. J., & Chinnathambi, K. (2024). Development of millet based moringa amla snack bar for iron deficiency in adolescents. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 44(2).
- Sari, A. R., & Siqhny, Z. D. (2022). Profil tekstur, daya rehidrasi, *cooking loss* mie kering substitusi pasta labu kuning dan pewarna alami. *Jurnal Agritechno*, 92-102. <https://doi.org/10.20956/at.vi.710>
- Sereda, O., Melnyk, O., Marenkova, T., Koshel, O., & Bokovets, S. (2024). The rheological characteristics of the dough for semi-finished biscuits with the addition of crickets flour. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo*, 18, 468-479.
- Simanjutak, Yosefa, R., Agus, S., dkk. (2022). Snack Bar Sorgum dan Kacang Merah rendah Indeks Glikemik sebagai makanan selingan Tinggi Serat Penderita Diabetes Melitus. *Jurnal Gizi dan Dietetik*, 1(2), 78-85
- Suryani, D., Kustiani, A., & Adyas, A. (2025). Pengaruh substitusi tepung daun kelor (*moringa oleifera*) terhadap daya terima, tekstur, daya simpan, dan jumlah total kapang pada snack bar cadelo. *JOURNAL OF Qualitative Health Research & Case Studies Reports*, 5(4), 520-529.
- Sofiyanti, S., megawati FAjrin, A., & Ulfah, K. (2025). Profil Risiko Metabolik dan Gaya Hidup Wanita Usia Subur (WUS) di Indonesia: Analisis Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023. *Jurnal Penelitian Keperawatan Kontemporer*, 5(5), 463-473. <https://doi.org/10.59894/jpkk.v5i5.1120>
- Utama, C. S., Sulistiyanto, B., Barus, O., & Haidar, M. F. (2022). Kualitas Kimia dan Profil Serat Bekatul Gandum dengan Kadar Air dan Lama Pemanasan Berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(1), 26-33. <https://doi.org/10.17728/jatp.11457>
- Wetri, H., Elvandari, M., & Sefrina, L. R. (2022). Mutu Penambahan Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L) Pada Abon Lele Sebagai Makanan Alternatif Pencegah Anemia. *Ghidza: Jurnal Gizi Dan Kesehatan*, 6(1), 120-127. <https://doi.org/10.22487/ghidza.v6i1.506>
- Zainuddin, N. M., & Hajriani, S. (2021). Proses Pembuatan Bubuk Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L.,) Sebagai Tambahan Makanan Fungsional Berdasarkan Suhu dan Lama Pengeringan yang Berbeda. *Jurnal Agritechno*, 116-121. <https://doi.org/10.20956/at.v14i2.518>