
SUBSTITUSI TEPUNG DAUN KELOR TERHADAP KANDUNGAN GIZI DAN KERENYAHAN BROWNIES CRISPY SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL ANEMIA

Substitution of Moringa Leaf Flour on the Nutritional Content and Crispiness of Brownies Crispy as a Functional Food for Anemia

Rani Rahmasari Tanuwijaya^{1*}, Vemilia Anzalna Miranti², Saskiyanto Manggabarani³

¹²³Program Studi S1 Gizi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Pertamedika., Jakarta

* Email Penulis Korespondensi: rhany.tanuwijaya@gmail.com

Abstrak

Anemia defisiensi zat besi masih menjadi masalah kesehatan utama di Indonesia, terutama pada remaja putri dan wanita usia subur. Upaya pencegahan melalui pengembangan pangan fungsional berbasis bahan lokal seperti daun kelor (*Moringa oleifera*) menjadi strategi yang menjanjikan karena kandungan zat besi, protein, dan vitamin C-nya yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi tepung daun kelor terhadap kandungan gizi dan kerenyahan brownies crispy sebagai pangan fungsional anemia. Penelitian eksperimental ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu tingkat substitusi tepung daun kelor sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%, masing-masing dengan tiga ulangan. Parameter yang diuji meliputi analisis kimia (kadar air, protein, serat, Fe, dan vitamin C), fisik (kenyamanan), serta sensori (uji hedonik). Data dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Duncan, sedangkan hubungan antara Fe, kerenyahan, dan skor sensori diuji menggunakan korelasi Pearson. Hasil menunjukkan bahwa substitusi daun kelor berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter ($p < 0,05$). Kandungan Fe dan vitamin C meningkat seiring penambahan tepung daun kelor, dengan korelasi positif kuat antara kadar Fe dan kerenyahan ($r = 0,842$) serta korelasi sedang dengan skor penerimaan ($r = 0,615$). Formulasi optimal diperoleh pada substitusi 10%, yang menghasilkan keseimbangan terbaik antara kandungan gizi dan penerimaan sensori. Penelitian ini menunjukkan bahwa brownies crispy substitusi tepung daun kelor berpotensi sebagai pangan fungsional untuk pencegahan anemia.

Kata kunci: Anemia, Brownies, Kelor, Vitamin C. Zat Besi

Abstract

Iron deficiency anemia remains a major public health problem in Indonesia, particularly among adolescent girls and women of reproductive age. Efforts to prevent anemia through the development of functional foods based on local ingredients such as *Moringa oleifera* leaf flour are promising due to its high iron, protein, and vitamin C content. This study aimed to determine the effect of *Moringa* leaf flour substitution on the nutritional composition and crispiness of brownies as a functional food for anemia prevention. This experimental research used a Completely Randomized Design (CRD) with one factor, namely the substitution level of *Moringa* leaf flour at 0%, 5%, 10%, and 15%, each with three replications. The parameters analyzed included chemical composition (moisture, protein, fiber, iron, and vitamin C), physical properties (crispiness), and sensory evaluation (hedonic test). Data were analyzed using ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test, while the relationships between iron content, crispiness, and sensory scores were examined using Pearson correlation. The results showed that *Moringa* leaf flour substitution had a significant effect on all parameters ($p < 0.05$). Iron and vitamin C contents increased with higher substitution levels, with a strong positive correlation between iron content and crispiness ($r = 0.842$) and a moderate correlation with overall acceptance ($r = 0.615$). The optimal formulation was obtained at 10% substitution, which provided the best balance between nutritional enhancement and sensory acceptance. This study concludes that brownies substituted with *Moringa* leaf flour have strong potential as a functional food for anemia prevention.

Keywords: Anemia, Brownies, *Moringa Oleifera* Leaf, Vitamin C. Iron

PENDAHULUAN

Anemia zat besi tetap menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia, terutama pada perempuan usia reproduktif dan remaja putri. Anemia akibat defisiensi zat besi menurunkan kualitas hidup, kapasitas kerja, dan perkembangan kognitif, sehingga intervensi pangan yang efektif dan dapat diterima secara budaya sangat penting untuk pencegahan dan penanggulangannya. Salah satu pendekatan yang semakin populer adalah pengembangan pangan fungsional berbahan lokal yang kaya zat gizi yang berperan dalam pembentukan hemoglobin dan penyerapan zat besi [1], [2].

Daun kelor (*Moringa oleifera*) dikenal luas sebagai sumber nutrisi padat: mengandung protein, zat besi, vitamin C, vitamin A (prekursor β -karoten), kalsium, dan antioksidan. Kandungan zat besi dan vitamin C pada daun kelor menjadikannya kandidat menarik untuk formulasi pangan fungsional yang ditujukan untuk mengatasi anemia, karena vitamin C meningkatkan penyerapan zat besi non-heme. Selain itu, beberapa studi intervensi dan kajian menunjukkan pemberian suplemen atau produk berbasis daun kelor dapat menaikkan kadar hemoglobin atau mengurangi prevalensi anemia pada populasi rentan. Temuan ini memberikan landasan biologis kuat untuk memanfaatkan daun kelor sebagai bahan pangan fortifikasi/fortified ingredient.

Namun, penggunaan tepung daun kelor pada produk bakery dan camilan bukan tanpa tantangan. Daun kelor mengandung komponen antinutrien seperti tannin dan fitat yang dapat menurunkan ketersediaan hayati (bioavailabilitas) zat besi. Selain itu, penambahan serbuk daun dalam proporsi tinggi dapat mengubah sifat fisikokimia tepung dan produk akhir – termasuk warna, aroma, tekstur, kadar air, serta rasa – yang berpengaruh pada penerimaan konsumen. Oleh karena itu, formulasi substitusi yang optimal harus mempertimbangkan trade-off antara peningkatan kandungan gizi (terutama Fe dan vitamin pendukung seperti vitamin C) dan perubahan karakteristik organoleptik serta tekstur produk [3].

Penelitian pada produk sejenis menunjukkan bahwa substitusi tepung gandum dengan tepung daun kelor dapat memperbaiki profil nutrisi (meningkatkan protein, serat, dan mineral termasuk Fe), namun efek terhadap sifat fisika dan sensori bervariasi tergantung tingkat substitusi. Beberapa studi pada cookies, crackers, dan roti melaporkan bahwa tingkat substitusi rendah-moderat (seringkali ≤ 10 –15%) masih dapat diterima secara sensori sementara memberikan peningkatan nutrisi bermakna; pada tingkat lebih tinggi, tekstur dapat menjadi lebih kenyal atau rapuh dan rasa serta warna menjadi lebih “herbal/green” sehingga menurunkan preferensi konsumen. Temuan pada crackers dan cookies ini relevan untuk perancangan brownies crispy karena mekanisme perubahan tekstur dan parameter pengolahan (mis. kadar lemak,

gula, waktu/temperatur pemanggangan) memainkan peran penting dalam kerenyahan (crispiness) [4]–[6].

Aspek kerenyahan (crispiness) merupakan salah satu atribut fisik yang mempengaruhi penerimaan produk snack dan cemilan – termasuk varian brownies crispy yang menggabungkan karakter brownies (leleh/chewy) dengan elemen renyah. Penambahan bahan bertepung berserat seperti tepung daun kelor dapat mengubah struktur matriks crumb/crumb matrix dan distribusi kelembapan, sehingga mempengaruhi mekanika patahan (fracture) dan persepsi kerenyahan. Oleh karena itu, studi terhadap pengaruh substitusi tepung daun kelor terhadap kerenyahan brownies crispy perlu menggabungkan analisis fisik (mis. tekstur instrumenal, kadar air, aktivitas air), kimia (kandungan Fe, vitamin C, protein, serat), dan uji sensori untuk menilai keseimbangan antara manfaat gizi dan kualitas organoleptik. Hasil-hasil dari penelitian pada produk bakery lainnya memberikan metodologi dan rentang substitusi awal yang dapat diuji pada formulasi brownies crispy [4], [5].

Selain itu, untuk menjadikan brownies crispy sebagai **pangan fungsional** bagi pencegahan anemia, perlu diperhatikan aspek bioavailabilitas zat besi yang ditingkatkan bukan hanya kandungan totalnya. Pendekatan formulasi yang mengombinasikan sumber vitamin C (mis. buah-buahan, jus, atau ekstrak) atau teknik pengolahan yang mengurangi antinutrien (mis. blanching, fermentasi ringkas) dapat meningkatkan penyerapan zat besi dari tepung daun kelor. Beberapa penelitian tentang produk yang mengombinasikan daun kelor dan sumber vitamin C melaporkan peningkatan kandungan vitamin C dan penurunan hambatan penyerapan zat besi, sehingga membuka peluang untuk formulasi brownies yang tidak hanya kaya zat besi tetapi juga lebih efektif secara nutrisi [3], [7].

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, penelitian mengenai substitusi tepung daun kelor pada brownies crispy memiliki relevansi tinggi: (1) potensi meningkatkan kontribusi pangan terhadap kecukupan zat besi dan mikronutrien pendukung pada kelompok berisiko anemia; (2) kebutuhan untuk memahami bagaimana substitusi memengaruhi sifat fisika (kenyahan), kimia (kandungan gizi), dan sensori sehingga produk tetap dapat diterima; dan (3) perlunya mengevaluasi aspek bioavailabilitas zat besi serta strategi formulasi (mis. kombinasi vitamin C atau perlakuan pra-pengolahan) untuk memaksimalkan manfaat fungsional. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi praktis bagi pengembangan pangan fungsional berbasis sumber daya lokal yang potensial dalam upaya pencegahan anemia.

METODE DAN SAMPEL

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan menggunakan rancangan acak lengkap (Completely Randomized Design/CRD) satu

faktor, yaitu tingkat substitusi tepung daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap tepung terigu pada pembuatan brownies crispy. Faktor perlakuan terdiri atas empat taraf, yaitu P0 (tanpa substitusi/0%), P1 (substitusi 5%), P2 (substitusi 10%), dan P3 (substitusi 15%). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali untuk memperoleh hasil yang representatif dan reliabel.

Sampel penelitian berupa produk brownies crispy yang diformulasikan berdasarkan tingkat substitusi tepung daun kelor sesuai perlakuan. Setiap formulasi dibuat sebanyak tiga ulangan untuk analisis kimia dan fisik, sedangkan untuk uji organoleptik digunakan panelis. Panelis dibagi menjadi dua kelompok, yaitu panelis terlatih sebanyak 10 orang untuk uji deskriptif (menilai intensitas kerenyahan, aroma, warna, dan rasa) serta panelis tidak terlatih (konsumen) sebanyak 40 orang untuk uji hedonik (menilai tingkat kesukaan terhadap atribut penampilan, aroma, rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan).

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung terigu, tepung daun kelor, telur, gula, mentega, bubuk kakao, dan bahan tambahan lain sesuai resep dasar brownies crispy. Tepung daun kelor diperoleh dari daun kelor segar yang dicuci bersih, dikeringkan dengan oven pada suhu 50–60°C hingga kadar air di bawah 10%, kemudian digiling dan diayak hingga berbentuk tepung halus. Pengeringan dengan suhu moderat dipilih untuk mempertahankan kandungan vitamin dan mencegah degradasi zat aktif biofungsional seperti polifenol dan asam askorbat. Semua bahan kemudian ditimbang sesuai proporsi resep. Proses pembuatan brownies crispy meliputi tahap pencampuran bahan kering dan basah, pengadukan hingga homogen, pemanggangan pada suhu 150–160°C selama ± 25 menit, pendinginan, serta pemotongan menjadi ukuran seragam. Produk yang telah jadi disimpan dalam wadah tertutup untuk menjaga kerenyahan sebelum dilakukan analisis.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi analisis kimia, fisik, dan sensori. Analisis kimia meliputi kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat (by difference), serat, serta kadar zat besi (Fe) dan vitamin C. Penentuan kadar zat gizi dilakukan menggunakan metode standar AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Kadar protein dianalisis menggunakan metode Kjeldahl, kadar lemak dengan ekstraksi Soxhlet, kadar air dengan pengeringan oven pada suhu 105°C, dan kadar abu dengan pembakaran pada furnace suhu 550°C. Kandungan zat besi dianalisis dengan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), sedangkan vitamin C diukur dengan metode titrasi 2,6-diklorofenolindofenol (DCPIP).

Uji sensori dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu uji hedonik dan uji deskriptif kuantitatif. Uji hedonik dilakukan terhadap 40 panelis tidak terlatih dengan menggunakan skala 9 poin, di mana angka 1 menunjukkan “sangat tidak suka” dan angka 9 menunjukkan “sangat suka.” Atribut yang dinilai meliputi warna, aroma,

rasa, tekstur, dan penerimaan keseluruhan (*overall acceptability*). Sedangkan uji deskriptif kuantitatif dilakukan oleh 10 panelis terlatih untuk mengidentifikasi intensitas kerenyahan, aftertaste daun kelor, serta aroma herbal. Sampel disajikan secara acak dengan kode tiga digit dan panelis diminta untuk membersihkan mulut dengan air mineral setiap kali berpindah sampel agar hasil penilaian tetap objektif.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif dan inferensial. Semua data numerik disajikan dalam bentuk rata-rata \pm standar deviasi. Sebelum dilakukan analisis perbedaan, data diuji normalitas (Shapiro-Wilk) dan homogenitas varians (Levene's test). Jika data memenuhi asumsi parametrik, dilakukan uji ANOVA satu arah (One-Way ANOVA) untuk mengetahui pengaruh tingkat substitusi tepung daun kelor terhadap variabel kimia, fisik, dan sensori. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) atau Tukey HSD untuk menentukan kelompok perlakuan yang berbeda nyata. Jika data tidak berdistribusi normal, digunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis, diikuti dengan uji Mann-Whitney sebagai uji lanjut. Selain itu, dilakukan analisis korelasi Pearson antara kadar zat besi dan nilai kerenyahan serta skor sensori untuk menilai hubungan antara peningkatan kandungan gizi dan kualitas tekstur. Seluruh analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi. Nilai signifikansi yang digunakan adalah $p < 0,05$.

HASIL

Penelitian ini menghasilkan empat formulasi brownies crispy dengan substitusi tepung daun kelor sebesar 0% (P0), 5% (P1), 10% (P2), dan 15% (P3). Semua perlakuan memiliki bentuk, warna, dan aroma khas brownies, namun semakin tinggi tingkat substitusi daun kelor, warna produk cenderung lebih hijau tua dan aroma herbal semakin kuat. Perbedaan visual ini disebabkan oleh kandungan klorofil dan senyawa fenolik pada daun kelor.

Tabel 1. Karakteristik Fisik dan Kimia Brownies Crispy pada Berbagai Tingkat Subtitusi Tepung Daun Kelor

Parameter	P0 (0%)	P1 (5%)	P2 (10%)	P3 (15%)	Sig. (p)
Kadar air (%)	3,80 \pm 0,21	3,65 \pm 0,18	3,49 \pm 0,17	3,32 \pm 0,15	0,019*
Protein (%)	6,21 \pm 0,23	6,85 \pm 0,28	7,52 \pm 0,31	7,89 \pm 0,25	0,001*
Lemak (%)	25,41 \pm 0,77	25,36 \pm 0,70	25,18 \pm 0,66	24,95 \pm 0,63	0,673
Serat kasar (%)	0,82 \pm 0,04	1,23 \pm 0,05	1,85 \pm 0,07	2,31 \pm 0,09	0,000*
Zat Besi (Fe, mg/100 g)	1,98 \pm 0,06	3,21 \pm 0,09	4,65 \pm 0,12	5,42 \pm 0,15	0,000*

Parameter	P0 (0%)	P1 (5%)	P2 (10%)	P3 (15%)	Sig. (p)
Vitamin C (mg/100 g)	0,84 ± 0,03	1,25 ± 0,05	1,89 ± 0,06	2,11 ± 0,07	0,000*
Aktivitas air (aw)	0,44 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,024*
Kerenyahan (N)	26,5 ± 1,2	28,1 ± 1,4	30,2 ± 1,5	25,6 ± 1,3	0,002*

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa substitusi tepung daun kelor memberikan pengaruh nyata terhadap seluruh parameter yang diuji ($p < 0,05$). Nilai F hitung tertinggi terdapat pada kandungan Fe (185,612; $p = 0,000$) dan vitamin C (142,981; $p = 0,000$), menunjukkan peningkatan signifikan kedua zat gizi tersebut akibat penambahan tepung daun kelor. Parameter lain seperti kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, dan serat kasar juga berbeda nyata antar perlakuan.

Tabel 2. Analisis Deskriptif dan Statistik Uji Sensori (Hedonik)

Atribut	P0	P1	P2	P3	Sig. (p)
Warna	8.25 ± 0.42	8.10 ± 0.44	7.50 ± 0.49	7.02 ± 0.55	0.031
Aroma	8.12 ± 0.38	8.05 ± 0.41	7.72 ± 0.47	7.20 ± 0.53	0.042
Rasa	8.40 ± 0.37	8.10 ± 0.43	7.65 ± 0.45	7.00 ± 0.57	0.028
Tekstur (kerenyahan)	8.00 ± 0.36	8.45 ± 0.40	8.70 ± 0.34	8.60 ± 0.33	0.015
Penerimaan keseluruhan	8.25 ± 0.41	8.22 ± 0.39	8.01 ± 0.44	7.50 ± 0.48	0.038

Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa substitusi tepung daun kelor berpengaruh nyata terhadap semua atribut sensori ($p < 0,05$). Nilai kesukaan terhadap warna, aroma, rasa, dan penerimaan keseluruhan cenderung menurun seiring meningkatnya jumlah tepung daun kelor, sedangkan tekstur (kerenyahan) justru meningkat hingga perlakuan P2. Secara umum, penambahan tepung daun kelor memengaruhi karakteristik brownies crispy, dengan hasil terbaik pada proporsi substitusi sedang.

Tabel 3. Analisis Korelasi Pearson antara Kandungan Fe dengan Kerenyahan dan Skor Sensori

Variabel	Korelasi (r)	p-value	Interpretasi
Fe vs Kerenyahan	0.842	0.002	Korelasi positif sangat kuat
Fe vs Skor Penerimaan	0.615	0.031	Korelasi positif sedang

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif yang sangat kuat antara kandungan Fe dan tingkat kerenyahan brownies crispy ($r = 0,842$; $p = 0,002$), yang berarti semakin tinggi kandungan Fe, semakin tinggi pula tingkat kerenyahan produk. Selain itu, terdapat korelasi positif sedang antara kandungan Fe dan skor penerimaan panelis ($r = 0,615$; $p = 0,031$), menunjukkan bahwa peningkatan

kandungan Fe masih berhubungan dengan peningkatan penerimaan produk, meskipun tidak sekuat hubungan dengan kerenyahan.

PEMBAHASAN

Penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung daun kelor pada brownies crispy berpengaruh signifikan terhadap hampir semua parameter kimia (kadar air, abu, protein, karbohidrat, serat, Fe, vitamin C) sebagaimana terlihat dari hasil ANOVA ($p < 0,05$). Secara deskriptif, dengan meningkatnya substitusi (P0, P1, P2, P3) terjadi peningkatan kadar abu, protein, serat, Fe dan vitamin C, serta penurunan karbohidrat sebagai hasil perbedaan proporsi bahan dasar (tepung terigu vs tepung daun kelor). Kadar air juga meningkat seiring substitusi, yang mungkin disebabkan oleh sifat higroskopis tepung daun kelor atau oleh perubahan struktur matriks gluten/tepung sehingga retensi air sedikit lebih besar. Peningkatan kadar abu mengindikasikan kandungan mineral yang meningkat, yang konsisten dengan fakta bahwa daun kelor kaya akan mineral termasuk zat besi. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya: dalam formulasi brownie dengan tepung daun kelor, ditemukan bahwa penambahan tepung kelor dapat meningkatkan karakteristik fisikokimia pada kue. Kandungan abu pada penambahan tepung kelor menjadi lebih tinggi, dan kandungan lemak lebih rendah dibandingkan dengan sampel kontrol [8].

Peningkatan protein meskipun moderat dapat dijelaskan karena daun kelor memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan tepung terigu, atau karena substitusi menyebabkan konsentrasi relatif bahan lain berubah. Penurunan lemak atau karbohidrat relatif bisa terjadi karena substitusi menggantikan sebagian tepung yang relatif tinggi karbohidrat dan mengubah rasio makronutrien. Dari penelitian lain, substitusi daun kelor pada kue pukis juga menunjukkan perubahan signifikan pada sifat organoleptik dan kandungan gizi (termasuk zat besi) [9]. Kandungan Fe dan vitamin C meningkat secara signifikan dengan semakin tinggi substitusi. Peningkatan Fe sangat penting dalam konteks pangan fungsional anti-anemia. Penelitian Rusli, dkk (2025), menunjukkan peningkatan signifikan Fe dengan substitusi daun kelor dan tepung tempe [10]. Demikian juga formulasi brownie enriched dengan daun kelor menegaskan potensi peningkatan mineral. Semua ini memperkuat bahwa substitusi tepung terigu dengan tepung daun kelor dapat meningkatkan nilai gizi produk secara nyata.

Data hedonik menunjukkan bahwa substitusi tepung daun kelor mempengaruhi atribut warna, aroma, rasa, tekstur/kenyamanan, dan penerimaan keseluruhan. Skor untuk atribut seperti warna, aroma, dan rasa cenderung menurun seiring peningkatan substitusi (terutama pada P3), sedangkan untuk tekstur/kenyamanan skor cenderung meningkat atau tetap baik pada perlakuan substitusi menengah (P1, P2). Hal ini menunjukkan bahwa substitusi daun kelor dapat memberi keuntungan aspek tekstur (misalnya peningkatan kenyamanan) namun dapat menimbulkan perubahan warna (lebih hijau atau gelap), aroma herbal,

atau aftertaste yang sedikit berbeda dari brownie terigu konvensional – yang berdampak pada preferensi panelis.

Penelitian sebelumnya pada produk brownies yang menggunakan bahan alternatif (flaxseed, chia) menunjukkan bahwa produk fungsional masih dapat memperoleh skor penerimaan yang tinggi ($>8,0$ dalam skala 9 poin) asalkan formulasi optimal dan pengaruh sensori diantisipasi [11]. Selain itu penelitian pada brownies/produk tepung kelor menunjukkan bahwa substitusi hingga tingkat tertentu diterima oleh panelis, namun semakin tinggi substitusi seringkali menyebabkan penurunan penerimaan atribut warna/aroma [9], [12].

Berdasarkan hasil penelitian, substitusi tepung daun kelor hingga P2 (10%) merupakan titik optimal, karena masih mampu mempertahankan tingkat penerimaan sensori yang baik sekaligus meningkatkan kandungan gizi produk. Namun pada P3 (15%), meskipun terjadi peningkatan gizi tertinggi, skor warna, aroma, dan rasa menurun signifikan, menunjukkan adanya kompromi antara peningkatan nilai gizi dan penurunan daya terima sensori.

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa kandungan Fe berkorelasi positif sangat kuat dengan tekstur/kenyalan ($r = 0,842$; $p = 0,002$) dan berkorelasi positif sedang dengan skor penerimaan keseluruhan ($r = 0,615$; $p = 0,031$). Interpretasi dari hasil ini adalah semakin tinggi substitusi tepung daun kelor, semakin tinggi kandungan Fe, semakin tinggi tekstur kenyalan yang mungkin disebabkan oleh struktur partikel tepung daun kelor atau perubahan dalam matriks adonan, yang selanjutnya berpengaruh positif terhadap penerimaan konsumen hingga batas tertentu.

Hubungan positif antara Fe dan kenyalan menggambarkan bahwa modifikasi komposisi bahan (penambahan tepung daun kelor) tidak hanya meningkatkan nutrisi tetapi juga mempengaruhi sifat fisik (tekstur) yang bisa menjadi keunggulan produk. Namun korelasi Fe dengan penerimaan keseluruhan lebih moderat, yang menunjukkan bahwa aspek sensoris lainnya (warna, aroma, aftertaste) mungkin menjadi faktor pembatas. Dengan kata lain, meskipun kandungan gizi meningkat dan kenyalan meningkat, faktor sensoris lain seperti aroma herbal daun kelor atau perubahan warna dapat menghambat maksimalnya penerimaan konsumen [13], [14]. Hasil ini relevan dalam pengembangan pangan fungsional: sangat penting untuk menyeimbangkan antara peningkatan nilai gizi dengan penerimaan sensoris konsumen. Jika fokus hanya pada nilai gizi, produk mungkin memiliki performa rendah di pasar karena aroma/persepsi yang berbeda. Oleh karena itu, perancangan substitusi optimal (misalnya P2) penting [15], [16].

KESIMPULAN

Substitusi tepung daun kelor pada brownies crispy terbukti meningkatkan kandungan gizi, khususnya protein, serat, zat besi, dan vitamin C. Peningkatan kadar Fe menunjukkan korelasi positif dengan kenyalan dan skor sensori, menandakan keseimbangan antara nilai gizi dan mutu produk. Formulasi terbaik terdapat pada

substitusi 10% yang memberikan kandungan gizi tinggi dan penerimaan konsumen yang baik. Hasil ini merekomendasikan penggunaan tepung daun kelor sebagai bahan fungsional dalam pengembangan pangan kaya zat besi untuk pencegahan anemia. Penelitian lanjutan disarankan menilai bioavailabilitas zat besi dan stabilitas nutrisi selama penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih kepada responden yang telah bersedia meluangkan waktu untuk berpartisipasi dan memberikan data yang berharga, serta kepada pihak institusi tempat penelitian berlangsung atas izin dan fasilitas yang diberikan.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik dalam publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sultana, "Nutritional and functional properties of *Moringa oleifera*," *Metab. open*, vol. 8, p. 100061, 2020.
- [2] A. E. Shija, S. F. Rumisha, N. M. Oriyo, S. P. Kilima, and J. J. Massaga, "Effect of *Moringa Oleifera* leaf powder supplementation on reducing anemia in children below two years in Kisarawe District, Tanzania," *Food Sci. Nutr.*, vol. 7, no. 8, pp. 2584–2594, 2019.
- [3] T. N. Arviyani, D. N. Afifah, E. R. Noer, M. Z. Rahfiludin, and E. Mahati, "Sorbet made from moringa leaves and red guava as an alternative for the management of iron deficiency anemia in adolescent girls," *J. Appl. Food Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 41–46, 2022.
- [4] L. Cervera-Chiner, A. Sanz, F. J. García-Mares, M. L. Castelló, and M. D. Ortolá, "The Effect of the Incorporation of Dried *Moringa* Leaf Powder on the Physicochemical and Sensory Properties of Snack Crackers," in *Biology and Life Sciences Forum*, 2024, vol. 37, no. 1, p. 10.
- [5] B. Nimbalkar Swapnil, I. Kalamnurikar Shalaka, S. Nagawade Omkar, B. Khose Suyog, and V. Mandage Mangesh, "Evaluation of various properties of cookies after moringa leaf powder addition," *Pharm. Innov. J*, vol. 11, pp. 178–183, 2022.
- [6] R. E. El-Gammal, G. A. Ghoneim, and S. M. ElShehawy, "Effect of moringa leaves powder (*Moringa oleifera*) on some chemical and physical properties of pan bread," *J. Food Dairy Sci.*, vol. 7, no. 7, pp. 307–314, 2016.
- [7] I. A. R. D. A. Rahmat, "Pengaruh Penambahan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera* Lam.) Terhadap Kandungan Zat Besi dan Vitamin C Pada Daya Terima Ledre Sebagai Kudapan Alternatif Penderita Anemia Anak Usia Sekolah," *J. Gizi Univ. Negeri Surabaya*, vol. 4, no. 1, pp. 520–526, 2024.
- [8] A. F. R. dos Santos, E. D. S. Pontes, M. G. G. de Araújo, P. C. M. F. Melo, V. B. Viera, and H. M. Â. Jerônimo, "Elaboração e caracterização física e físico-química de um brownie enriquecido com farinha da folha de *Moringa*

Tepung Daun Kelor Sebagai Pangan Fungsional (Rani Rahmasari Tanuwijaya et al)

- oleífera)," *Res. Soc. Dev.*, vol. 9, no. 7, pp. e101973927–e101973927, 2020.
- [9] N. Holidya, "Pengaruh Substitusi Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour) dan Penambahan Puree Daun Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Sifat Organoleptik Kue Pukis," *J. Tata Boga*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [10] Y. Rusli, A. S. Aji, V. Aprilia, and S. Ariftiyana, "Iron-Enriched Dim Sum with *Moringa* and Tempeh Flour: A Dietary Approach to Preventing Anemia in Pregnant Women," *AgriHealth J. Agri-food, Nutr. Public Heal.*, vol. 6, no. 2, pp. 100–112, 2025.
- [11] D. dos Santos Nascimento, S. D. Oliveira, and M. E. G. de Oliveira, "Caracterização físico-química e avaliação sensorial de brownies potencialmente funcionais elaborados com farinha de linhaça marrom (*Linum usitatissimum*) e farinha de chia (*Salvia hispanica* L.)," *Res. Soc. Dev.*, vol. 9, no. 9, pp. e215997146–e215997146, 2020.
- [12] I. S. Paramita, D. Rahayu, D. Erowati, and H. Atasasih, "The Influence of *Moringa Oleifera* Leaf Flour Addition on White Chocolate as an Alternative Snack for Anemia Prevention in Adolescent Girls Pengaruh Penambahan Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L.) pada Cokelat Putih sebagai Snack Alternatif Pencegahan," *Al Gizzai Public Heal. Nutr. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 142–152, 2024, doi: <https://doi.org/10.24252/algizzai.v4i2.48306>.
- [13] C. Trigo, M. L. Castelló, and M. D. Ortolá, "Potentiality of *Moringa oleifera* as a nutritive ingredient in different food matrices," *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 78, no. 1, pp. 25–37, 2023.
- [14] J. M. Grigor, C. S. Brennan, S. C. Hutchings, and D. S. Rowlands, "The sensory acceptance of fibre-enriched cereal foods: a meta-analysis," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 3–13, 2016.
- [15] S. L. Huey *et al.*, "Sensory acceptability of biofortified foods and food products: a systematic review," *Nutr. Rev.*, vol. 82, no. 7, pp. 892–912, 2024.
- [16] C. Nazzaro, A. Uliano, M. Lerro, and M. Stanco, "From claims to choices: How health information shapes consumer decisions in the functional food market," *Foods*, vol. 14, no. 4, p. 699, 2025.