
MODIFIKASI MUTU DAN NILAI GIZI YOGURT BERBASIS SUSU SKIM DENGAN SUPLEMENTASI DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA*)

Modyfing Skim Milk-Based Yogurt Quality and Nutritional Value with Moringa Oleifera Leaf Supplementation

Ayu Meilina¹, Imelda Telisa¹, Nurul Salasa Nilawati¹, Yuli Hartati¹

¹ Poltekkes Kemenkes Palembang, Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia
(email penulis korespondensi : ayumeilina@poltekkespalembang.ac.id)

ABSTRAK

Daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan bahan pangan lokal yang memiliki kandungan protein, mineral, vitamin, serta senyawa bioaktif seperti flavonoid dan fenolik yang berperan sebagai antioksidan alami. Pemanfaatannya dalam produk fermentasi susu, khususnya yogurt, semakin banyak dikembangkan sebagai upaya peningkatan nilai gizi dan karakteristik fungsional pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak daun kelor terhadap mutu fisik, kimia, dan organoleptik yogurt susu skim. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi daun kelor 0%, 10%, 20%, dan 30% yang diulang sebanyak tiga kali. Proses pembuatan yogurt meliputi pasteurisasi susu skim, penambahan starter bakteri asam laktat, serta fermentasi hingga tercapai kondisi optimal. Parameter yang dianalisis meliputi pH, viskositas, kadar protein, lemak, abu, dan serat, serta uji organoleptik yang mencakup warna, aroma, rasa, tekstur, dan tingkat kesukaan panelis. Data dianalisis menggunakan uji ANOVA pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan daun kelor memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik yogurt susu skim. Peningkatan konsentrasi daun kelor meningkatkan kadar serat dan beberapa komponen gizi, namun berdampak pada penurunan tingkat penerimaan panelis terutama pada aspek warna dan rasa. Perlakuan 10% merupakan formulasi terbaik karena mampu mempertahankan keseimbangan antara peningkatan nilai gizi dan penerimaan sensoris.

Kata Kunci: daun kelor, *Moringa oleifera*, yogurt susu skim, fortifikasi, nilai gizi.

ABSTRACT

Moringa (*Moringa oleifera*) leaves are a locally available food resource rich in protein, minerals, vitamins, and bioactive compounds, including flavonoids and phenolic compounds, which exhibit natural antioxidant properties. Their incorporation into fermented dairy products, particularly yogurt, has gained increasing attention as an approach to enhance both the nutritional value and functional characteristics of food products. This study aimed to evaluate the effect of Moringa leaf extract supplementation on the physical, chemical, and sensory characteristics of skim milk yogurt. A Completely Randomized Design (CRD) was employed with four treatment groups consisting of 0%, 10%, 20%, and 30% Moringa leaf extract, each performed in triplicate. Yogurt was produced through skim milk pasteurization, inoculation with lactic acid bacteria starter culture, and fermentation under optimal conditions. The parameters analyzed included pH, viscosity, protein, fat, ash, and crude fiber contents, as well as sensory attributes, including color, aroma, taste, texture, and overall acceptability. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) at a 95% confidence level. The results demonstrated that the addition of Moringa leaf extract significantly affected the characteristics of skim milk yogurt. Increasing the concentration of Moringa leaf extract enhanced crude fiber content and several nutritional components; however, it reduced consumer acceptability, particularly with respect to color and taste. The 10% Moringa leaf extract formulation was identified as the optimum treatment, as it provided the best balance between improved nutritional quality and sensory.

Keywords: *Moringa oleifera*, skim milk yogurt, fortification, food quality, nutritional value.

1. PENDAHULUAN

Pangan fungsional didefinisikan sebagai produk pangan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan gizi dasar, tetapi juga memberikan manfaat fisiologis tambahan, termasuk meningkatkan fungsi sistem imun dan menurunkan risiko penyakit degeneratif kronis. Di antara berbagai produk pangan fungsional, yogurt merupakan salah satu produk yang paling banyak diteliti dan dikembangkan. Yogurt merupakan produk susu fermentasi yang dihasilkan melalui aktivitas metabolik bakteri asam laktat, terutama *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Mikroorganisme tersebut berperan dalam pembentukan tekstur dan cita rasa, sekaligus meningkatkan kualitas gizi dan sifat fungsional produk fermentasi¹.

Yogurt berbahan dasar susu skim memiliki keunggulan berupa kandungan lemak yang rendah sehingga sesuai untuk dikembangkan sebagai produk pangan yang lebih sehat dan rendah kalori. Namun demikian, susu skim memiliki kandungan serat pangan dan senyawa bioaktif yang relatif rendah. Oleh karena itu, penambahan bahan alami berbasis tanaman merupakan salah satu strategi yang efektif untuk meningkatkan komposisi gizi dan sifat fungsional yogurt^{2,3}.

Daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu bahan pangan lokal yang berpotensi besar sebagai bahan fortifikasi pangan fungsional karena memiliki nilai gizi yang tinggi. Daun kelor kaya akan protein, vitamin A dan C, kalsium, zat besi, serta berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid dan senyawa fenolik, yang memiliki aktivitas antioksidan yang kuat⁴. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penambahan *M. oleifera* pada produk susu fermentasi mampu meningkatkan kandungan total fenolik, kapasitas antioksidan, serta kualitas gizi yogurt secara keseluruhan^{5,6}.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan dari sisi gizi, penambahan daun kelor berpotensi memengaruhi karakteristik fisik, kimia, dan sensoris yogurt, terutama pada aspek warna, cita rasa, dan tekstur. Perubahan tersebut dapat menurunkan tingkat penerimaan konsumen, sehingga diperlukan penentuan konsentrasi fortifikasi yang optimal agar peningkatan kualitas gizi tidak mengurangi mutu sensoris produk⁵. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh berbagai konsentrasi ekstrak daun kelor terhadap karakteristik fisik, kimia, dan sensoris yogurt susu skim, serta menentukan formulasi optimum yang memberikan keseimbangan terbaik antara peningkatan kualitas gizi dan tingkat penerimaan konsumen.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui pengaruh penambahan daun kelor (*Moringa oleifera*) terhadap mutu dan nilai gizi yogurt susu skim. Penelitian dan uji organoleptik dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pangan, Jurusan Gizi, Poltekkes Kemenkes Palembang, pada bulan Juli hingga November. Analisis kimia pangan dilakukan di PT Saraswanti Indo Genetech. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi susu skim, gula, daun kelor (*Moringa oleifera*), dan kultur starter yogurt komersial (Biokul Plain). Peralatan yang

digunakan meliputi blender, saringan, panci pasteurisasi, inkubator, termometer, neraca analitik, serta peralatan untuk analisis fisik dan kimia.

Daun kelor segar terlebih dahulu diblansir selama 5 menit, kemudian ditiriskan dan dihaluskan menggunakan blender. Hasil blender selanjutnya disaring untuk memperoleh ekstrak daun kelor. Ekstrak tersebut kemudian dicampurkan dengan susu skim dan gula sesuai dengan perlakuan yang telah ditetapkan. Campuran dipasteurisasi pada suhu 80°C selama 30 menit. Setelah didinginkan hingga mencapai suhu sekitar 40°C, ditambahkan kultur starter yogurt sebanyak 20 g, kemudian diinkubasi pada suhu 40°C selama 24 jam hingga terbentuk yogurt.

Parameter yang dianalisis meliputi sifat fisik (pH dan viskositas), sifat kimia (kadar protein, lemak, abu, dan serat), serta uji organoleptik yang mencakup warna, aroma, rasa, tekstur, dan tingkat kesukaan. Data dianalisis menggunakan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) satu arah pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut (*post hoc*) untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

3. HASIL

Uji hedonik (uji tingkat kesukaan) dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap yogurt susu skim dengan penambahan ekstrak *Moringa oleifera*. Evaluasi sensoris dilakukan oleh 30 panelis yang terdiri atas mahasiswa Jurusan Gizi, yang dipilih karena dianggap mampu mewakili calon konsumen produk pangan fungsional.

Setiap panelis diminta untuk menilai empat atribut organoleptik, yaitu warna, aroma, rasa, dan tekstur, menggunakan skala hedonik. Penilaian dilakukan secara subjektif berdasarkan tingkat kesukaan terhadap masing-masing perlakuan sampel (F0, F1, F2, dan F3). Data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap formulasi produk. Hasil uji hedonik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Kesukaan Yogurt Kelor

Uji Hedonik	Rata-Rata Nilai Hedonik				<i>p-value</i>
	F0	F1	F2	F3	
Warna	4,7±0,46a	3,13±0,97b	3,37±0,99c	3,77±0,93d	0,000
Aroma	4,2±0,88ab	3,5±0,86b	2,53±0,90c	2,67±0,10dc	0,000
Rasa	4,37±0,80a	3,93±0,98b	1,90±0,80c	2,0±0,83dc	0,000
Tekstur	4,10±0,92a	3,87±0,81b	3,0±0,91c	3,20±0,84dc	0,075

Ket. Huruf superskrip yang berbeda (a–d) menunjukkan perbedaan yang bermakna berdasarkan uji Kruskal Wallis ($p < 0,05$). Nilai dengan huruf superskrip yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Hasil uji hedonik menunjukkan bahwa kelompok kontrol (F0) memperoleh skor penerimaan tertinggi pada seluruh aspek sensori. Terdapat perbedaan yang signifikan antar formulasi pada parameter warna, aroma, dan rasa ($p < 0,05$), sedangkan tekstur tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p = 0,075$).

Warna merupakan atribut sensoris yang paling dipengaruhi oleh penambahan bubuk daun moringa. Sampel kontrol (F0) memperoleh skor warna tertinggi ($4,70 \pm 0,46$), sedangkan F1 memperoleh skor terendah ($3,13 \pm 0,97$).

Penerimaan terhadap aroma juga menurun secara signifikan seiring meningkatnya konsentrasi moringa. Formulasi F0 memperoleh skor aroma tertinggi ($4,20 \pm 0,88$), sedangkan F2 memperoleh skor terendah ($2,53 \pm 0,90$).

Uji sensorik rasa menunjukkan penurunan penerimaan yang paling nyata setelah penambahan bubuk daun moringa. Formulasi F0 memperoleh skor rasa tertinggi ($4,37 \pm 0,80$), sedangkan F2 dan F3 memperoleh skor terendah masing-masing sebesar $1,90 \pm 0,80$ dan $2,00 \pm 0,83$.

Tabel 2. Komposisi Nilai Gizi Yogurt Moringa (per 300 g sajian)

Nilai Gizi	F1	F2	F3
Energi total (kkal)	126,21	99,42	92,62
Karbohidrat (g)	19,14	11,97	10,26
Protein (g)	5,55	6,45	5,65
Lemak Total (g)	3,05	2,86	3,22
Kadar Air (%)	71	77,2	79,5
Kadar Abu (%)	1,26	1,52	1,37
pH	4,37	4,44	4,4
Serat Pangan (%)	1,88	1,46	1,42

Berdasarkan Tabel 2, setiap formulasi menunjukkan karakteristik komposisi gizi yang berbeda. Formulasi F1 memiliki kandungan energi total tertinggi (126,21 kkal/300 g), diikuti oleh F2 (99,42 kkal/300 g) dan F3 (92,62 kkal/300 g). Nilai energi yang lebih tinggi pada formulasi F1 berkaitan dengan kandungan karbohidrat yang lebih besar (19,14 g/300 g), sehingga memberikan kontribusi terbesar terhadap total energi produk. Karbohidrat merupakan salah satu makronutrien utama penyumbang energi, dengan setiap gram karbohidrat menghasilkan sekitar 4 kkal. Oleh karena itu, variasi formulasi yang memengaruhi kandungan karbohidrat akan berpengaruh terhadap nilai energi total yogurt⁷.

Kandungan protein tertinggi ditemukan pada F2 (6,45 g/300 g), dibandingkan dengan F1 (5,55 g/300 g) dan F3 (5,65 g/300 g). Hasil ini menunjukkan bahwa formulasi F2 lebih mampu mempertahankan kandungan protein selama proses pembuatan yogurt. Kandungan protein pada yogurt dipengaruhi oleh komposisi bahan baku serta kondisi fermentasi yang dapat memengaruhi stabilitas dan retensi protein pada produk akhir⁸.

Sementara itu, kandungan lemak tertinggi terdapat pada F3 (3,22 g/300 g), diikuti oleh F1 (3,05 g/300 g) dan F2 (2,86 g/300 g). Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa penambahan daun kelor berpotensi memengaruhi komposisi lemak yogurt. Selain berkontribusi terhadap nilai gizi, kandungan lemak juga berperan dalam membentuk karakteristik sensoris yogurt, terutama tingkat kelembutan (*creaminess*) dan sensasi di dalam mulut (*mouthfeel*), sehingga memengaruhi tingkat penerimaan konsumen⁹.

Kadar air meningkat pada seluruh formulasi, dengan F3 menunjukkan nilai tertinggi (79,5%), diikuti F2 (77,2%) dan F1 (71,0%). Peningkatan kadar air menunjukkan adanya perubahan sifat fisik yogurt akibat penambahan bahan fortifikasi. Kadar air merupakan salah satu parameter mutu yang memengaruhi tekstur, viskositas, kemampuan mengikat air (*water-holding capacity*), serta stabilitas yogurt. Perubahan kadar air terjadi karena interaksi antara komponen fortifikan dengan matriks protein susu yang memengaruhi struktur gel dan distribusi air dalam produk, sehingga berdampak pada karakteristik fisik yogurt¹⁰.

Kadar abu pada F2 memiliki nilai tertinggi (1,52%), diikuti F3 (1,37%) dan F1 (1,26%). Kadar abu mencerminkan kandungan mineral total suatu produk pangan, sehingga tingginya kadar abu pada F2 mengindikasikan kontribusi mineral yang lebih besar dari daun kelor. Daun kelor diketahui kaya akan berbagai mineral esensial, seperti kalsium, zat besi, kalium, dan magnesium, sehingga berpotensi meningkatkan kandungan mineral pada produk pangan yang difortifikasi¹¹.

Nilai pH seluruh formulasi berkisar antara 4,37 hingga 4,44, yang menunjukkan bahwa seluruh produk yogurt masih berada dalam kisaran pH normal untuk produk susu fermentasi. Formulasi F1 memiliki nilai pH terendah (4,37), yang menunjukkan tingkat keasaman sedikit lebih tinggi dibandingkan formulasi lainnya. Penurunan nilai pH disebabkan oleh produksi asam laktat selama fermentasi oleh bakteri asam laktat yang memanfaatkan laktosa sebagai substrat. Akumulasi asam laktat meningkatkan keasaman sehingga nilai pH yogurt menurun, meskipun penambahan bahan fortifikasi dapat memengaruhi laju perubahan pH bergantung pada komposisi bahan yang digunakan¹².

Kandungan serat pangan tertinggi ditemukan pada F1 (1,88%), sedangkan F2 dan F3 masing-masing mengandung 1,46% dan 1,42%. Hasil ini menunjukkan bahwa formulasi F1 memiliki potensi yang lebih besar dalam meningkatkan kandungan serat pangan pada yogurt. Serat pangan merupakan komponen penting dalam pangan fungsional karena berperan dalam menjaga kesehatan saluran pencernaan serta meningkatkan nilai gizi produk. Penambahan bahan pangan berbasis nabati seperti daun kelor dapat meningkatkan kandungan serat pada formulasi yogurt¹³.

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan tabel 1. Penurunan tingkat kesukaan terhadap warna disebabkan oleh kandungan klorofil yang tinggi pada *Moringa oleifera*, sehingga menghasilkan warna hijau yang semakin pekat seiring meningkatnya konsentrasi

dan kelor. Panelis umumnya melihat yogurt dengan warna putih hingga krem, perubahan warna yang berbeda dari umumnya dapat menurunkan penilaian terhadap kualitas produk. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa fortifikasi daun kelor mengubah warna yogurt menjadi lebih hijau dan menurunkan tingkat penerimaan konsumen¹⁴. Warna merupakan atribut sensoris pertama yang memengaruhi persepsi konsumen terhadap mutu produk dan berperan penting dalam menentukan penerimaan secara keseluruhan^{15,16}. Oleh karena itu, meskipun fortifikasi daun *Moringa oleifera* dapat meningkatkan nilai gizi dan kandungan senyawa bioaktif yogurt, perubahan warna yang terlalu intens akibat kandungan klorofil berpotensi mengurangi daya tarik visual dan menurunkan tingkat penerimaan konsumen.

Pada sensorik aroma, F0 memperoleh nilai kesukaan tertinggi ($4,20 \pm 0,88$), sedangkan nilai terendah terdapat pada F2 ($2,53 \pm 0,90$). Analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antarperlakuan ($p < 0,001$). Penurunan tingkat kesukaan terhadap aroma diduga disebabkan oleh keberadaan senyawa volatil pada daun kelor yang menghasilkan aroma khas herbal atau langu. Semakin tinggi konsentrasi bubuk daun kelor yang ditambahkan, semakin dominan aroma herbal yang dihasilkan sehingga tingkat penerimaan panelis cenderung menurun. Hasil ini sejalan dengan penelitian Saeed *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa fortifikasi bubuk daun kelor pada yogurt menyebabkan perubahan karakteristik aroma, sehingga memengaruhi penerimaan sensoris panelis¹⁴.

Pada sensorik rasa, F0 memperoleh nilai tertinggi ($4,37 \pm 0,80$), sedangkan F2 dan F3 memperoleh nilai terendah masing-masing sebesar $1,90 \pm 0,80$ dan $2,00 \pm 0,83$. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan daun kelor berpengaruh nyata terhadap cita rasa yogurt ($p < 0,001$). Rendahnya tingkat kesukaan pada perlakuan dengan konsentrasi daun kelor yang lebih tinggi diduga disebabkan oleh keberadaan senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin yang memberikan rasa pahit dan sepat. Selain itu, kombinasi rasa asam yang dihasilkan selama fermentasi oleh bakteri asam laktat dengan cita rasa khas daun kelor diduga menyebabkan penurunan penerimaan panelis secara keseluruhan. Daun kelor diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berkontribusi terhadap karakteristik rasa khas, termasuk rasa pahit dan sepat, sehingga penggunaannya dalam konsentrasi tinggi dapat memengaruhi mutu sensoris produk¹⁵. Temuan ini sejalan dengan Saeed *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa fortifikasi bubuk daun kelor pada yogurt memengaruhi karakteristik sensoris dan tingkat penerimaan panelis¹⁴.

Berbeda dengan sensorik warna, aroma, dan rasa, tekstur yogurt tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna antarperlakuan ($p = 0,075$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bubuk daun kelor pada konsentrasi yang digunakan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tekstur yogurt. Tekstur yogurt terutama ditentukan oleh proses koagulasi protein susu, khususnya kasein, serta pembentukan jaringan gel selama fermentasi oleh bakteri asam laktat. Karena seluruh perlakuan menggunakan komposisi susu skim, starter, dan kondisi fermentasi yang sama, struktur gel yang terbentuk relatif seragam sehingga penambahan bubuk daun kelor belum mampu

menghasilkan perubahan tekstur yang signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi yang digunakan, bubuk daun kelor belum cukup memengaruhi struktur matriks gel yogurt yang berperan dalam pembentukan tekstur^{17,18}.

Peningkatan nilai gizi pada yogurt yang difortifikasi bubuk daun *Moringa oleifera* berkaitan dengan komposisi nutrisi daun kelor yang kaya akan protein, serat pangan, vitamin, mineral, serta senyawa bioaktif seperti polifenol dan flavonoid. Penambahan bubuk daun kelor ke dalam yogurt meningkatkan kepadatan zat gizi produk sekaligus memperkaya kandungan senyawa antioksidan, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional^{14,15}.

Selain meningkatkan kandungan zat gizi makro, fortifikasi daun kelor juga berkontribusi terhadap peningkatan kandungan mineral yogurt. Daun kelor diketahui mengandung kalsium, zat besi, kalium, magnesium, serta berbagai mineral esensial lainnya. Hal tersebut tercermin dari meningkatnya kadar abu pada formulasi yang difortifikasi, yang menunjukkan adanya peningkatan kandungan mineral produk. Temuan ini sejalan dengan penelitian Farhan *et al.* (2021) dan Grosshagauer *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa penambahan daun kelor pada produk berbasis susu dapat meningkatkan kandungan mineral dan memperbaiki kualitas gizi^{15,19}.

Peningkatan kualitas gizi tersebut juga didukung oleh perubahan sifat fisikokimia produk. Jakopović *et al.* (2022) melaporkan bahwa fortifikasi susu menggunakan daun *Moringa oleifera* mampu meningkatkan kapasitas antioksidan, kandungan mineral, serta memperbaiki karakteristik fisikokimia yogurt tanpa mengganggu proses fermentasi secara signifikan². Demikian pula, Zhang *et al.* (2019) menyatakan bahwa suplementasi daun kelor dapat meningkatkan kemampuan fermentasi dan viskositas yogurt sehingga berkontribusi terhadap perbaikan sifat fungsional produk²⁰.

Meskipun demikian, peningkatan konsentrasi bubuk daun kelor dapat memengaruhi karakteristik sensoris yogurt. Aznury *et al.* (2019) melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi daun kelor yang ditambahkan, semakin rendah tingkat penerimaan panelis terhadap warna, aroma, dan rasa akibat tingginya kandungan klorofil serta senyawa bioaktif yang menghasilkan warna hijau dan cita rasa khas²¹. Oleh karena itu, meskipun *Moringa oleifera* memiliki kandungan protein, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif yang menjadikannya bahan baku potensial untuk pengembangan pangan fungsional (Kaur *et al.*, 2020), tingkat fortifikasi tetap perlu diperhatikan agar mutu sensoris produk tetap dapat diterima oleh konsumen²².

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fortifikasi bubuk daun *Moringa oleifera* mampu meningkatkan kualitas gizi yogurt, tetapi penggunaannya harus dioptimalkan agar tidak menurunkan penerimaan sensoris. Oleh karena itu, penentuan konsentrasi fortifikasi yang tepat menjadi faktor penting dalam pengembangan yogurt fungsional, sehingga manfaat gizi dan senyawa bioaktif dapat dimaksimalkan tanpa mengurangi preferensi konsumen^{14,23}.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan daun kelor pada yogurt susu skim berpengaruh terhadap komposisi gizi dan tingkat penerimaan sensoris produk. Setiap formulasi menunjukkan keunggulan gizi yang berbeda, di mana F1 memiliki kandungan energi total, karbohidrat, dan serat pangan tertinggi serta nilai pH terendah; F2 memiliki kandungan protein dan kadar abu tertinggi; sedangkan F3 menunjukkan kandungan lemak total dan kadar air tertinggi. Hasil uji hedonik menunjukkan bahwa formulasi kontrol (F0) memperoleh tingkat penerimaan sensoris tertinggi dibandingkan seluruh formulasi yang difortifikasi. Secara keseluruhan, peningkatan nilai gizi cenderung diikuti oleh penurunan tingkat penerimaan sensoris. Oleh karena itu, diperlukan optimasi tingkat fortifikasi daun kelor untuk memperoleh keseimbangan antara peningkatan kualitas gizi dan penerimaan konsumen, sehingga yogurt *moringa* memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Bankole AO, Ironi EA, Awoyale W, Ajani EO. Application of natural and modified additives in yogurt formulation: types, production, and rheological and nutraceutical benefits. *Front Nutr.* 2023;10:1257439. doi:10.3389/fnut.2023.1257439.
2. Jakopović, K. L., Repajić, M., Samarin, I. R., Božanić, R., Blažić, M., & Jurina, I. B. (2022). Fortification of cow milk with *Moringa oleifera* extract: Influence on physicochemical characteristics, antioxidant capacity and mineral content of yoghurt. *Fermentation*, 8(10), 545. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100545>
3. Wajs, J., Brodziak, A., & Król, J. (2023). *Shaping the physicochemical, functional, microbiological and sensory properties of yoghurts using plant additives*. *Foods*, 12(6), 1275. <https://doi.org/10.3390/foods12061275>
4. Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>
5. Siddique, F., Ahmad, S., Hussain, A., Firdous, N., Nisar, R., Bilal, M., Najam, A., Salik, A., Zia, M., & Elkhedir, A. E. (2025). *Development, physicochemical, and sensory analysis of Moringa oleifera L. powder added buffalo milk yoghurt with pharmacological potential*. *Scientific Reports*, 15, 31519. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17428-w>
6. López-Gea, G., Toledo-López, V. M., Segura-Campos, M. R., Moo-Huchin, V. M., Vargas-Vargas, M. L., & Madera-Santana, T. J. (2025). *Evaluation of the addition of Moringa oleifera L. and Salvia hispanica L. on the antioxidant activity and viability of lactic acid bacteria in yogurt during refrigerated storage*. *Dairy Science and Management*, 2, Article 4. <https://doi.org/10.1186/s44363-025-00005-x>.
7. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Dietary reference intakes for energy*. Washington (DC): National Academies Press; 2023.
8. Suharto, E. L. S., Kurnia, Y. F., & Ferawati. (2021). Pengaruh penambahan

- gula aren (*Arrenga pinnata* Merr.) dengan konsentrasi yang berbeda pada yogurt terhadap total asam tertitrasi, pH, dan total bakteri asam laktat. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 23(3), 284–289. <https://doi.org/10.25077/jpi.23.3.284-289.2021>.
9. Ahmad, I., Hao, M., Li, Y., Zhang, J., Ding, Y., & Lyu, F. (2022). *Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges – A review*. *Trends in Food Science & Technology*, 129, 558–580.
 10. Wajs J, Brodziak A, Król J. Shaping the physicochemical, functional, microbiological and sensory properties of yoghurts using plant additives. *Foods*. 2023;12(6):1275. doi:10.3390/foods12061275.
 11. Zakaria, Tamrin, A., Sirajuddin, & Hartono, R. (2016). Penambahan tepung daun kelor pada menu makanan sehari-hari dalam upaya penanggulangan gizi kurang. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 12(2), 79–86.
 12. Rashwan AK, Osman AI, Chen W. Natural nutraceuticals for enhancing yogurt properties: a review. *Environ Chem Lett*. 2023;21:1907-1931. doi:10.1007/s10311-023-01588-0.
 13. Cattaneo, C., et al. (2021). *The potential of Moringa oleifera in food formulation: A promising source of functional compounds with health-promoting properties*. *Current Opinion in Food Science*, 42, 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.09.001>
 14. Saeed, M., Ali, S. W., & Ramzan, S. (2021). Physicochemical analysis of mango flavored yogurt supplemented with Moringa oleifera leaf powder. *Journal of Food Science and Technology*, 58(12), 4805–4814. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05146-w>
 15. Grosshagauer, S., Kraemer, K., & Somoza, V. (2021). *The true value of color: Consumer perception and acceptance of naturally colored foods*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4372–4400. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12785>
 16. Steiner, K., & Florack, A. (2023). *The Influence of Packaging Color on Consumer Perceptions of Healthfulness: A Systematic Review and Theoretical Framework*. *Foods*, 12(21), 3911. <https://doi.org/10.3390/foods12213911>
 17. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. Dairy science and technology. 2nd ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2006.
 18. Tamime AY, Robinson RK. *Yoghurt: science and technology*. 3rd ed. Cambridge: Woodhead Publishing; 2007.
 19. Farhan MM. Sifat fisikokimia, antioksidan, dan organoleptik yogurt dengan penambahan serbuk daun kelor (*Moringa oleifera*) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor; 2021.
 20. Zhang Y, Cui Y, Wang X, Shang X, Qi Z, Xue J, et al. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *LWT*. 2019;101:276–284. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.010>.
 21. Aznury M, Zaman Z, Zikri A, Panzurli. Pengujian organoleptik produk yogurt dengan penambahan variasi konsentrasi daun kelor (*Moringa oleifera*). *Fluida*. 2019;12(1):15–20. doi:10.35313/fluida.v12i1.1844.
 22. Kaur P, Pandey N, Shallu. Pharmaceutical properties of *Moringa oleifera*: A review. *J Biol Nat*. 2020;11(1):18–22.
 23. Bikheet MM, Yasien EE, Galal SM. Preparation of functional yogurt drink fortified with *Moringa oleifera* leaves. *J Food Dairy Sci*. 2021;12(9):217–223. doi:10.21608/jfds.2021.201813.