



Optimasi Formulasi Yogurt Probiotik Berfortifikasi Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Berdasarkan Mutu Organoleptik dan Daya Terima

Fifi Musfirowati^{1*}, Lia Nurliana², Riffa Ismanti³, Yulaikah⁴, Trikawati⁵

^{1,3} Program Studi D3 Keperawatan, Universitas Faletehan, Indonesia

² Program Studi Ilmu Keperawatan, Universitas Faletehan, Indonesia

⁴ Program Studi Manajemen, Universitas Faletehan, Indonesia

⁵ Program Studi Ilmu Pendidikan Ilmu Bahasa, Universitas Faletehan, Indonesia

*Penulis Korespondensi: nurlyana.mkdu@gmail.com

Abstract: Background: Functional foods have attracted increasing attention because of their potential to improve health through bioactive compounds. Yogurt is a probiotic fermented milk product that supports gastrointestinal health, while *Moringa oleifera* leaves are rich in antioxidants, vitamins, minerals, and other bioactive compounds. However, excessive fortification with moringa leaf powder may reduce consumer acceptance due to its distinctive herbal flavor and aroma. Objective: This study aimed to determine the optimum formulation of probiotic yogurt fortified with *Moringa oleifera* based on milk composition, fermentation time, and moringa leaf powder concentration to obtain acceptable sensory characteristics. Methods: An experimental study was conducted using four milk formulations: full cream, low-fat, skim, and a combination of full cream and skim milk (1:1). Yogurt was fermented for 8, 10, 12, 16, and 24 hours using *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, and *Lactobacillus acidophilus*. The optimum formulation was fortified with 1%, 2%, and 3% moringa leaf powder and evaluated through sensory testing involving 40 panelists. Results: The optimum formulation was obtained from a combination of full cream and skim milk (1:1) fermented for 12 hours. Yogurt fortified with 1–2% moringa leaf powder showed the highest consumer acceptance for taste and aroma, whereas 3% fortification produced the thickest texture but significantly reduced sensory preference because of its stronger herbal flavor. Conclusion: Fortification with 1–2% *Moringa oleifera* leaf powder produced probiotic yogurt with desirable sensory quality and consumer acceptability, demonstrating its potential as a functional food based on local natural resources.

Keywords: Consumer Acceptability; Functional Food; *Moringa Oleifera*; Probiotic Yogurt; Sensory Evaluation.

Abstrak. Latar Belakang: Pangan fungsional semakin mendapat perhatian karena berpotensi meningkatkan kesehatan melalui kandungan senyawa bioaktif. Yogurt merupakan produk susu fermentasi yang mengandung probiotik dan bermanfaat bagi kesehatan saluran pencernaan, sedangkan daun kelor (*Moringa oleifera*) kaya akan antioksidan, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif lainnya. Namun, fortifikasi bubuk daun kelor dalam yogurt berpotensi menurunkan daya terima konsumen akibat rasa dan aroma herbal yang khas. Tujuan: Penelitian ini bertujuan menentukan formulasi optimum yogurt probiotik berfortifikasi daun kelor berdasarkan komposisi susu, lama fermentasi, dan konsentrasi bubuk daun kelor sehingga diperoleh produk dengan karakteristik sensoris yang dapat diterima konsumen. Metode: Penelitian eksperimen dilakukan menggunakan empat formulasi susu, yaitu susu *full cream*, susu rendah lemak, susu skim, dan kombinasi susu *full cream* dan susu skim (1:1). Proses fermentasi dilakukan selama 8, 10, 12, 16, dan 24 jam menggunakan *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus acidophilus*. Formulasi terbaik kemudian difortifikasi dengan bubuk daun kelor sebanyak 1%, 2%, dan 3%, serta dievaluasi melalui uji organoleptik terhadap 40 panelis. Hasil: Formulasi terbaik diperoleh pada kombinasi susu *full cream* dan susu skim (1:1) dengan lama fermentasi 12 jam. Penambahan bubuk daun kelor sebesar 1–2% menghasilkan tingkat penerimaan tertinggi terhadap rasa dan aroma, sedangkan konsentrasi 3% menghasilkan tekstur paling kental, namun menurunkan tingkat kesukaan panelis akibat rasa dan aroma herbal yang lebih dominan. Kesimpulan: Fortifikasi bubuk daun kelor sebesar 1–2% menghasilkan yogurt probiotik dengan mutu organoleptik dan daya terima konsumen yang optimal, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional berbasis sumber daya lokal.

Kata Kunci: Daun Kelor; Daya Terima Konsumen; Pangan Fungsional; Uji Organoleptik; Yogurt Probiotik.

1. LATAR BELAKANG

Perubahan pola konsumsi masyarakat serta meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya gaya hidup sehat telah mendorong perkembangan pangan fungsional sebagai salah satu strategi untuk meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat. Pangan fungsional tidak hanya berfungsi sebagai sumber zat gizi, tetapi juga memberikan manfaat fisiologis melalui kandungan senyawa bioaktif yang dapat membantu mencegah berbagai penyakit degeneratif. Salah satu produk pangan fungsional yang terus berkembang adalah yogurt probiotik, yaitu produk fermentasi susu yang mengandung mikroorganisme hidup dan memberikan manfaat kesehatan apabila dikonsumsi dalam jumlah yang memadai. Konsumsi yogurt secara rutin dilaporkan berperan dalam menjaga keseimbangan mikrobiota usus, meningkatkan sistem imun, serta mendukung kesehatan metabolik melalui aktivitas bakteri probiotik (Hill et al., 2014; Marco et al., 2021).

Selain sebagai pangan probiotik, yogurt memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai media fortifikasi berbagai bahan pangan lokal yang kaya senyawa bioaktif. Salah satu tanaman yang banyak mendapat perhatian adalah *Moringa oleifera* atau daun kelor. Daun kelor mengandung protein, vitamin A, vitamin C, vitamin E, mineral, asam amino esensial, flavonoid, polifenol, serta berbagai senyawa antioksidan yang berpotensi memberikan efek antiinflamasi, antimikroba, dan antihiperglikemia. Oleh karena itu, daun kelor dinilai memiliki prospek sebagai bahan baku pangan fungsional yang dapat meningkatkan nilai gizi produk pangan fermentasi (Leone et al., 2015; Falowo et al., 2023).

Meskipun memiliki kandungan gizi yang tinggi, pemanfaatan daun kelor dalam produk yogurt masih menghadapi berbagai tantangan, terutama pada aspek mutu organoleptik. Penambahan bubuk daun kelor dalam jumlah tinggi dapat menghasilkan aroma herbal (grassy flavour), rasa agak pahit, serta perubahan warna yang menyebabkan penurunan tingkat penerimaan konsumen. Selain itu, karakteristik yogurt juga dipengaruhi oleh jenis susu dan kondisi fermentasi yang menentukan pembentukan tekstur, viskositas, serta cita rasa produk. Oleh sebab itu, diperlukan formulasi yang tepat agar peningkatan kandungan gizi melalui fortifikasi daun kelor tetap menghasilkan produk dengan mutu sensoris yang baik dan dapat diterima konsumen (Ayyash et al., 2023; Behera et al., 2022).

Meskipun memiliki kandungan gizi yang tinggi, pemanfaatan daun kelor dalam produk yogurt masih menghadapi berbagai tantangan, terutama pada aspek mutu organoleptik. Penambahan bubuk daun kelor dalam jumlah tinggi dapat menghasilkan aroma herbal (grassy flavour), rasa agak pahit, serta perubahan warna yang menyebabkan penurunan tingkat penerimaan konsumen. Selain itu, karakteristik yogurt juga dipengaruhi oleh jenis susu dan

kondisi fermentasi yang menentukan pembentukan tekstur, viskositas, serta cita rasa produk. Oleh sebab itu, diperlukan formulasi yang tepat agar peningkatan kandungan gizi melalui fortifikasi daun kelor tetap menghasilkan produk dengan mutu sensoris yang baik dan dapat diterima konsumen (Ayyash et al., 2023; Behera et al., 2022).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan formulasi yogurt probiotik berbasis daun kelor melalui pendekatan optimasi bertahap yang meliputi penentuan waktu penambahan bubuk daun kelor, pemilihan kombinasi jenis susu, lama fermentasi, dan konsentrasi fortifikasi. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan produk yogurt dengan keseimbangan terbaik antara kandungan gizi, mutu organoleptik, dan daya terima konsumen sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional berbasis sumber daya lokal. Penelitian ini bertujuan menentukan formulasi optimum yogurt probiotik berfortifikasi daun kelor berdasarkan variasi jenis susu, lama fermentasi, dan konsentrasi bubuk daun kelor terhadap mutu organoleptik serta daya terima konsumen.

2. KAJIAN TEORITIS

Yogurt sebagai Minuman Probiotik

Yogurt merupakan produk fermentasi susu yang dihasilkan melalui aktivitas bakteri asam laktat, terutama *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus acidophilus*. Selama proses fermentasi, bakteri mengubah laktosa menjadi asam laktat sehingga pH susu menurun hingga mencapai kisaran 4,0–4,5. Penurunan pH tersebut menyebabkan protein kasein mengalami koagulasi dan membentuk struktur gel yang menjadi karakteristik utama yogurt berupa tekstur kental, lembut, serta cita rasa asam yang khas (Codex Alimentarius, 2003; Hill et al., 2014).

Selain memberikan karakteristik fisik yang khas, yogurt juga dikenal sebagai pangan probiotik karena mengandung mikroorganisme hidup yang memberikan manfaat kesehatan apabila dikonsumsi dalam jumlah yang memadai. Konsumsi yogurt secara rutin dilaporkan mampu menjaga keseimbangan mikrobiota usus, meningkatkan sistem imun, memperbaiki fungsi saluran pencernaan, serta berpotensi menurunkan risiko penyakit metabolik dan inflamasi (Hill et al., 2014; Marco et al., 2021).

Karakteristik yogurt dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis susu, kadar protein, kandungan lemak, konsentrasi kultur starter, suhu fermentasi, dan lama inkubasi. Kandungan protein berperan dalam pembentukan struktur gel, sedangkan kadar lemak memengaruhi kekentalan, *mouthfeel*, dan cita rasa produk. Oleh karena itu, optimasi formulasi menjadi tahapan penting untuk memperoleh yogurt dengan karakteristik sensoris yang baik

sekaligus mempertahankan viabilitas bakteri probiotik (Granato et al., 2010; Ayyash et al., 2023).

Daun Kelor sebagai Bahan Pangan Fungsional

Daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu tanaman lokal yang memiliki kandungan zat gizi dan senyawa bioaktif yang tinggi. Daun kelor mengandung protein, vitamin A, vitamin C, vitamin E, kalsium, kalium, zat besi, asam amino esensial, serta berbagai senyawa fenolik dan flavonoid yang berperan sebagai antioksidan alami (Moyo et al., 2011; Falowo et al., 2023).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa daun kelor memiliki aktivitas antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dan antihiperglikemia sehingga berpotensi mendukung peningkatan status gizi serta kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pemanfaatan daun kelor sebagai bahan fortifikasi dalam produk pangan fermentasi semakin berkembang karena mampu meningkatkan nilai tambah produk baik dari aspek kandungan gizi maupun manfaat fisiologis (Leone et al., 2015; Gopalakrishnan et al., 2024).

Namun demikian, penggunaan bubuk daun kelor dalam konsentrasi tinggi sering menimbulkan aroma langu (*grassy flavour*) dan rasa agak pahit akibat kandungan senyawa fenolik dan komponen volatil. Kondisi tersebut menjadi tantangan dalam pengembangan pangan berbasis kelor sehingga diperlukan formulasi yang tepat agar manfaat kesehatan tetap diperoleh tanpa menurunkan tingkat penerimaan konsumen (Behera et al., 2022; Ayyash et al., 2023).

Mutu Organoleptik dan Daya Terima

Mutu organoleptik merupakan salah satu parameter utama dalam pengembangan produk pangan karena secara langsung menentukan tingkat penerimaan konsumen. Penilaian organoleptik dilakukan menggunakan indera manusia untuk mengevaluasi karakteristik sensoris suatu produk, meliputi warna, aroma, rasa, tekstur, dan tingkat kesukaan secara keseluruhan (Stone & Sidel, 2004; Palupi, 2018).

Pada produk yogurt, tekstur dipengaruhi oleh pembentukan gel protein selama fermentasi, sedangkan aroma dan rasa dihasilkan dari metabolisme bakteri asam laktat yang menghasilkan berbagai senyawa volatil serta asam organik. Penambahan bahan pangan fungsional seperti bubuk daun kelor dapat meningkatkan kandungan gizi, tetapi juga berpotensi mengubah karakteristik sensoris produk. Oleh karena itu, evaluasi organoleptik menjadi tahapan penting untuk menentukan formulasi terbaik yang tidak hanya memiliki nilai gizi tinggi tetapi juga dapat diterima oleh konsumen (Granato et al., 2010; Ayyash et al., 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan memperoleh formulasi yogurt kelor terbaik berdasarkan variasi jenis susu, lama fermentasi, serta konsentrasi penambahan bubuk daun kelor terhadap mutu organoleptik dan daya terima konsumen. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Alam Dasar Universitas Faletehan pada bulan Maret hingga Desember 2024.

Bahan utama yang digunakan meliputi susu full cream, susu skim, susu low fat, starter yogurt yang mengandung *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus acidophilus*, bubuk daun kelor, serta madu sebagai pemanis alami. Peralatan penelitian terdiri atas timbangan digital, gelas ukur, beaker glass, erlenmeyer, pH meter, termometer, blender, oven, inkubator, dan berbagai peralatan laboratorium pendukung lainnya.

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahapan. Tahap pertama bertujuan menentukan metode penambahan bubuk daun kelor yang paling sesuai, yaitu dengan membandingkan penambahan bubuk kelor sebelum dan setelah proses fermentasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penambahan bubuk kelor setelah fermentasi menghasilkan karakteristik yogurt yang lebih stabil sehingga metode tersebut digunakan pada tahap penelitian selanjutnya.

Tahap kedua dilakukan untuk menentukan formulasi susu dan lama fermentasi yang optimal. Empat jenis formulasi susu digunakan, yaitu susu full cream, susu low fat, susu skim, dan kombinasi susu full cream dengan susu skim pada perbandingan 1:1. Seluruh formulasi dipasteurisasi pada suhu 90°C, kemudian didinginkan hingga mencapai suhu inokulasi (40–45°C). Starter yogurt ditambahkan ke dalam masing-masing formulasi, kemudian difermentasi selama 8, 10, 12, 16, dan 24 jam. Setiap perlakuan diamati berdasarkan perubahan tekstur, aroma, dan rasa untuk menentukan kondisi fermentasi terbaik.

Tahap ketiga merupakan formulasi yogurt kelor menggunakan kombinasi susu terbaik hasil tahap sebelumnya. Yogurt difermentasi selama 12 jam, kemudian ditambahkan bubuk daun kelor sebanyak 1% (K1), 2% (K2), dan 3% (K3) dari bobot yogurt. Madu ditambahkan sebanyak 15% sebagai pemanis alami untuk meningkatkan cita rasa produk. Selanjutnya dilakukan uji organoleptik terhadap 40 panelis menggunakan metode uji hedonik dengan parameter rasa, aroma, dan tekstur.

Data hasil pengamatan selama proses fermentasi dianalisis secara deskriptif untuk menentukan formulasi terbaik berdasarkan karakteristik fisik yogurt. Sementara itu, data hasil uji organoleptik disajikan dalam bentuk distribusi skor dan nilai rata-rata tingkat kesukaan panelis terhadap masing-masing formulasi sebagai dasar penentuan produk dengan tingkat penerimaan tertinggi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Metode Penambahan Bubuk Daun Kelor pada Proses Pembuatan Yogurt

Tahap awal penelitian bertujuan menentukan waktu penambahan bubuk daun kelor yang paling tepat dalam proses pembuatan yogurt. Dua metode dibandingkan, yaitu penambahan bubuk daun kelor sebelum fermentasi dan setelah fermentasi selesai. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penambahan bubuk daun kelor sebelum fermentasi menyebabkan proses pembentukan yogurt tidak berlangsung secara optimal. Produk yang dihasilkan mengalami pemisahan fase berupa lapisan cair di bagian atas dan endapan padat berwarna hijau keputihan di bagian bawah wadah sehingga tekstur yogurt tidak terbentuk secara homogen. Sebaliknya, penambahan bubuk daun kelor setelah fermentasi menghasilkan yogurt dengan tekstur lebih stabil, homogen, dan memiliki karakteristik menyerupai yogurt pada umumnya. Temuan ini menunjukkan bahwa waktu penambahan bubuk daun kelor merupakan faktor penting yang memengaruhi keberhasilan proses fermentasi.

Fenomena tersebut diduga berkaitan dengan kandungan senyawa fenolik, flavonoid, dan serat pada daun kelor yang dapat memengaruhi aktivitas bakteri asam laktat selama fermentasi. Senyawa bioaktif tersebut berpotensi menghambat pembentukan matriks gel protein kasein apabila ditambahkan sejak awal fermentasi. Oleh karena itu, penambahan bubuk daun kelor setelah proses fermentasi selesai dipilih sebagai metode terbaik karena mampu mempertahankan kualitas tekstur yogurt sekaligus menjaga kandungan nutrisi daun kelor.

Salah satu perbedaan prosedur pada penelitian ini dibandingkan dengan sebagian besar penelitian sebelumnya adalah waktu penambahan bubuk daun kelor. Pada penelitian ini, bubuk daun kelor ditambahkan setelah proses fermentasi selesai. Modifikasi prosedur tersebut dilakukan berdasarkan hasil uji pendahuluan yang menunjukkan bahwa penambahan bubuk daun kelor sebelum fermentasi menghasilkan tekstur yogurt yang kurang stabil pada formulasi yang digunakan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penambahan setelah fermentasi dipilih sebagai alternatif untuk memperoleh karakteristik produk yang lebih baik.

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan bubuk daun kelor setelah fermentasi menghasilkan yogurt dengan tekstur yang relatif lebih homogen dan memiliki daya terima yang lebih baik dibandingkan hasil uji pendahuluan. Namun demikian, hasil tersebut belum dapat diinterpretasikan bahwa penambahan setelah fermentasi merupakan metode yang lebih baik untuk seluruh formulasi yogurt daun kelor. Perbedaan karakteristik produk kemungkinan juga dipengaruhi oleh faktor lain, seperti konsentrasi bubuk daun kelor, komposisi bahan, jenis starter, maupun kondisi fermentasi yang digunakan.

Dengan demikian, modifikasi waktu penambahan bubuk daun kelor pada penelitian ini menunjukkan hasil yang menjanjikan pada formulasi yang digunakan. Penelitian selanjutnya perlu membandingkan secara langsung penambahan bubuk daun kelor sebelum dan setelah fermentasi pada berbagai konsentrasi untuk memperoleh metode fortifikasi yang lebih optimal.

Pengaruh Variasi Jenis Susu terhadap Karakteristik Yogurt

Tahap berikutnya bertujuan menentukan formulasi susu yang menghasilkan karakteristik yogurt terbaik. Empat jenis formulasi susu digunakan, yaitu susu full cream, susu low fat, susu skim, dan kombinasi susu full cream dengan susu skim (1:1). Seluruh formulasi difermentasi menggunakan kultur starter yang sama sehingga perbedaan karakteristik produk terutama dipengaruhi oleh komposisi susu.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa seluruh formulasi mengalami perubahan karakteristik selama fermentasi, meliputi peningkatan kekentalan, munculnya aroma khas yogurt, dan peningkatan rasa asam seiring bertambahnya waktu inkubasi. Namun demikian, kecepatan pembentukan tekstur dan intensitas perubahan sensoris berbeda pada setiap jenis susu. Susu full cream menghasilkan tekstur yang lebih lembut dan creamy karena kandungan lemaknya lebih tinggi, sedangkan susu skim menghasilkan rasa asam yang lebih nyata tetapi memiliki tekstur relatif lebih encer. Kombinasi susu full cream dan susu skim menghasilkan keseimbangan terbaik antara tekstur, aroma, dan cita rasa sehingga dipilih sebagai formulasi dasar pada tahap penelitian berikutnya.

Perbedaan tersebut berkaitan erat dengan kandungan lemak dan protein pada masing-masing jenis susu. Lemak berperan dalam membentuk sensasi creamy (*mouthfeel*), sedangkan protein berkontribusi terhadap pembentukan jaringan gel selama fermentasi. Kombinasi kedua jenis susu memberikan keseimbangan antara struktur gel yang kuat dan cita rasa yang tetap ringan sehingga menghasilkan yogurt rendah lemak dengan karakteristik sensoris yang lebih baik dibandingkan penggunaan satu jenis susu saja.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi susu full cream dan susu skim dengan perbandingan 1:1 menghasilkan mutu organoleptik yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena kandungan protein pada susu skim membantu pembentukan tekstur yogurt, sedangkan kandungan lemak pada susu full cream memberikan tekstur yang lebih lembut dan meningkatkan cita rasa produk. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Granato et al. (2010) yang menyatakan bahwa keseimbangan kandungan protein dan lemak berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan sensoris yogurt. Berdasarkan hasil tersebut, kombinasi kedua jenis susu mampu menghasilkan yogurt dengan tekstur yang stabil serta lebih disukai oleh panelis

Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Aroma, Rasa, dan Tekstur Yogurt

Lama fermentasi merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kualitas yogurt. Pada penelitian ini proses inkubasi dilakukan selama 8, 10, 12, 16, dan 24 jam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka semakin nyata perubahan karakteristik sensoris yogurt, terutama pada aspek aroma, rasa, dan tekstur. Aroma yogurt terbentuk dari asetaldehida, diasetil dan asam organik (Tamime & Robinson, 2007)

Pada inkubasi 8 jam aroma khas yogurt masih belum berkembang secara sempurna dan aroma susu masih cukup dominan. Setelah inkubasi mencapai 10 jam, aroma yogurt mulai terdeteksi meskipun intensitasnya masih relatif lemah. Aroma khas yogurt berkembang secara optimal pada inkubasi 12 jam, khususnya pada formulasi kombinasi susu full cream dan skim. Pada waktu fermentasi tersebut dihasilkan aroma yang segar dan khas tanpa menghasilkan bau asam yang terlalu tajam. Sebaliknya, fermentasi selama 16 hingga 24 jam menghasilkan aroma yang jauh lebih kuat akibat akumulasi senyawa hasil metabolisme bakteri asam laktat.

Perubahan serupa juga terjadi pada karakteristik rasa. Semakin lama fermentasi berlangsung, semakin banyak laktosa yang dikonversi menjadi asam laktat sehingga rasa yogurt menjadi lebih masam. Pada formulasi berbahan dasar susu skim, peningkatan rasa asam berlangsung lebih cepat dibandingkan susu full cream karena kandungan lemak yang lebih rendah tidak mampu menutupi sensasi keasaman. Sebaliknya, susu full cream menghasilkan rasa yang lebih lembut akibat efek lemak terhadap persepsi cita rasa. Kombinasi kedua jenis susu menghasilkan keseimbangan rasa yang paling baik dengan tingkat keasaman yang masih dapat diterima panelis.

Tekstur yogurt juga mengalami perubahan selama fermentasi. Penurunan pH menyebabkan protein kasein mengalami koagulasi sehingga terbentuk jaringan gel yang semakin padat. Pada inkubasi 12 jam telah terbentuk tekstur yogurt yang kental, homogen, dan lembut. Fermentasi lebih lama memang meningkatkan kekentalan produk, namun berpotensi menghasilkan rasa yang terlalu asam sehingga menurunkan tingkat penerimaan konsumen. Oleh karena itu, waktu inkubasi 12 jam dipilih sebagai kondisi fermentasi optimum untuk penelitian ini.

Fermentasi selama 12 jam menghasilkan karakteristik yogurt yang paling baik dibandingkan lama fermentasi lainnya. Pada lama fermentasi tersebut diperoleh tekstur yang lebih padat dengan rasa asam yang masih dapat diterima oleh panelis. Hal ini diduga karena selama proses fermentasi bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat dalam jumlah yang cukup untuk membentuk struktur gel yogurt, namun belum menyebabkan rasa asam yang berlebihan. Hasil ini sesuai dengan penelitian Granato et al. (2010) yang melaporkan bahwa

lama fermentasi berpengaruh terhadap pembentukan tekstur dan cita rasa yogurt. Oleh karena itu, lama fermentasi menjadi salah satu faktor penting dalam menghasilkan yogurt dengan mutu yang baik.

Hasil Uji Organoleptik Yogurt Kelor

Setelah diperoleh formulasi dasar yogurt terbaik berupa kombinasi susu *full cream* dan susu skim (1:1) dengan lama fermentasi 12 jam, dilakukan tahap fortifikasi menggunakan bubuk daun kelor dengan konsentrasi 1% (K1), 2% (K2), dan 3% (K3) dari bobot yogurt. Ketiga formulasi selanjutnya ditambahkan madu sebanyak 15% sebagai pemanis alami untuk meningkatkan cita rasa produk sebelum dilakukan pengujian organoleptik. Evaluasi sensoris dilakukan terhadap 40 panelis menggunakan parameter rasa, aroma, dan tekstur.

Secara umum seluruh formulasi memperoleh respons positif dari panelis, meskipun terdapat perbedaan tingkat kesukaan pada masing-masing parameter. Formula K1 dan K2 menunjukkan tingkat penerimaan yang lebih tinggi dibandingkan formula K3, terutama pada aspek rasa dan aroma. Sebaliknya, formula K3 menghasilkan tekstur paling kental, namun konsentrasi bubuk daun kelor yang lebih tinggi menyebabkan aroma herbal menjadi lebih dominan sehingga menurunkan tingkat kesukaan panelis.

Tabel 1. Rata-rata Skor Uji Organoleptik Yogurt Kelor.

Formula	Rasa	Aroma	Tekstur
K1 (1% kelor)	70	65	76
K2 (2% kelor)	67	62	76
K3 (3% kelor)	51	55	77

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa peningkatan konsentrasi bubuk daun kelor tidak selalu meningkatkan tingkat penerimaan panelis. Konsentrasi 1% dan 2% masih mampu mempertahankan karakteristik sensoris yogurt, sedangkan penambahan hingga 3% menyebabkan penurunan skor kesukaan pada parameter rasa dan aroma. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa formulasi yogurt kelor memerlukan keseimbangan antara peningkatan kandungan gizi dan kualitas sensoris agar produk tetap diterima oleh konsumen.

Pengaruh Konsentrasi Daun Kelor terhadap Karakteristik Rasa

Rasa merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keputusan konsumen dalam menerima suatu produk pangan. Pada penelitian ini, skor kesukaan terhadap rasa mengalami penurunan seiring meningkatnya konsentrasi bubuk daun kelor. Formula K1 memperoleh skor rata-rata tertinggi (70), diikuti K2 (67), sedangkan K3 memperoleh skor paling rendah (51).

Penurunan tingkat kesukaan pada formula K3 diduga disebabkan oleh meningkatnya intensitas rasa khas daun kelor yang mulai mendominasi cita rasa yogurt. Daun kelor mengandung berbagai senyawa fenolik, tanin, dan flavonoid yang memberikan sensasi sedikit

pahit (*bitter aftertaste*) apabila digunakan dalam konsentrasi tinggi. Walaupun madu telah ditambahkan sebagai pemanis alami, rasa herbal tersebut masih dapat dirasakan oleh panelis sehingga menurunkan penerimaan produk.

Sebaliknya, pada formula K1 dan K2 keseimbangan antara rasa asam yogurt, rasa manis madu, dan karakteristik alami daun kelor masih dapat dipertahankan. Kombinasi tersebut menghasilkan cita rasa yang lebih kompleks namun tetap nyaman diterima oleh panelis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi bubuk daun kelor sebesar 1–2% merupakan rentang yang optimal untuk meningkatkan nilai gizi tanpa memberikan perubahan rasa yang berlebihan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Damayanti et al. (2020) dan Purbosari et al. (2019) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi daun kelor dalam produk fermentasi mampu meningkatkan kandungan antioksidan, tetapi pada konsentrasi tertentu menyebabkan penurunan tingkat kesukaan akibat munculnya rasa khas herbal yang semakin dominan.

Pengaruh Konsentrasi Daun Kelor terhadap Aroma Yogurt

Selain rasa, aroma merupakan parameter sensoris yang sangat memengaruhi persepsi awal konsumen terhadap suatu produk pangan. Aroma yogurt terbentuk dari berbagai senyawa volatil hasil metabolisme bakteri asam laktat selama fermentasi, seperti asetaldehida, diasetil, dan asam organik. Senyawa tersebut menghasilkan aroma segar yang menjadi ciri khas yogurt.

Pada penelitian ini, formula K1 memperoleh skor aroma tertinggi (65), diikuti K2 (62), sedangkan formula K3 memperoleh skor terendah (55). Penurunan tingkat kesukaan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bubuk daun kelor menyebabkan aroma herbal menjadi semakin dominan sehingga mulai menutupi aroma khas yogurt.

Daun kelor diketahui mengandung berbagai senyawa volatil alami yang memberikan aroma khas tanaman hijau (*grassy odor*). Pada konsentrasi rendah aroma tersebut masih dapat berpadu dengan aroma fermentasi yogurt, namun pada konsentrasi yang lebih tinggi aroma herbal menjadi lebih kuat sehingga menurunkan preferensi panelis. Kondisi ini merupakan tantangan yang umum dijumpai pada pengembangan pangan fungsional berbasis tanaman herbal.

Walaupun demikian, keberadaan aroma khas daun kelor sebenarnya dapat dipandang sebagai identitas produk pangan fungsional. Oleh karena itu, pengembangan produk selanjutnya dapat diarahkan pada penggunaan teknik *flavor masking*, misalnya melalui penambahan buah-buahan alami atau ekstrak vanila sehingga aroma herbal dapat diminimalkan tanpa mengurangi kandungan senyawa bioaktif daun kelor.

Pengaruh Konsentrasi Daun Kelor terhadap Tekstur Yogurt

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh formulasi memperoleh tingkat penerimaan yang tinggi pada parameter tekstur. Formula K1 dan K2 memiliki skor rata-rata 76, sedangkan formula K3 memperoleh skor tertinggi yaitu 77.

Peningkatan kekentalan pada formula K3 diduga berkaitan dengan bertambahnya jumlah padatan akibat penambahan bubuk daun kelor. Kandungan serat pangan yang cukup tinggi pada daun kelor mampu meningkatkan kemampuan mengikat air (*water holding capacity*) sehingga viskositas yogurt meningkat. Selain itu, struktur gel protein yang telah terbentuk selama fermentasi menjadi lebih stabil akibat adanya interaksi antara partikel bubuk daun kelor dengan matriks protein susu.

Tekstur yang lebih kental sebenarnya memberikan keuntungan karena mampu meningkatkan persepsi kualitas produk di mata konsumen. Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa tekstur yang baik belum tentu diikuti oleh peningkatan daya terima secara keseluruhan. Hal ini terlihat pada formula K3 yang memperoleh skor tekstur tertinggi tetapi justru memiliki skor rasa dan aroma terendah. Dengan demikian, keberhasilan pengembangan yogurt kelor tidak hanya ditentukan oleh satu parameter sensoris, melainkan merupakan kombinasi dari keseimbangan rasa, aroma, dan tekstur.

Pembahasan Umum dan Penentuan Formula Terbaik

Berdasarkan seluruh tahapan penelitian, formulasi yogurt kelor terbaik diperoleh melalui kombinasi susu *full cream* dan susu skim dengan perbandingan 1:1, lama fermentasi 12 jam, serta penambahan bubuk daun kelor sebesar 1–2% dari bobot yogurt. Formulasi tersebut mampu menghasilkan keseimbangan antara karakteristik fisik produk dan tingkat penerimaan konsumen.

Keberhasilan formulasi ini tidak terlepas dari sinergi antara kandungan lemak susu *full cream* yang memberikan sensasi lembut (*creamy mouthfeel*) dengan kandungan protein tinggi pada susu skim yang berperan dalam pembentukan struktur gel yogurt. Di sisi lain, konsentrasi bubuk daun kelor sebesar 1–2% dinilai cukup untuk meningkatkan nilai gizi tanpa memberikan perubahan sensoris yang berlebihan.

Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengembangan pangan fungsional berbasis bahan baku lokal. Kombinasi teknologi fermentasi dengan pemanfaatan daun kelor berpotensi menghasilkan produk probiotik yang tidak hanya memiliki manfaat kesehatan, tetapi juga tetap memenuhi preferensi konsumen. Dengan demikian, yogurt kelor berpotensi dikembangkan sebagai produk pangan inovatif yang mendukung diversifikasi

pangan, peningkatan konsumsi pangan lokal, serta pengembangan industri pangan fungsional di Indonesia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bubuk daun kelor sebesar 1% dan 2% memperoleh tingkat kesukaan panelis yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 3%. Hal ini diduga karena pada konsentrasi yang lebih tinggi aroma khas daun kelor menjadi lebih dominan sehingga memengaruhi penerimaan panelis terhadap rasa dan aroma yogurt. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Leone et al. (2015) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi daun kelor dapat meningkatkan kandungan senyawa bioaktif, namun berpotensi menurunkan mutu organoleptik apabila digunakan dalam jumlah yang terlalu tinggi. Berdasarkan hasil penelitian ini, konsentrasi 1–2% dinilai lebih sesuai untuk menghasilkan yogurt kelor dengan keseimbangan antara nilai gizi dan tingkat penerimaan konsumen. Meskipun aroma khas daun kelor masih dapat terdeteksi, karakteristik tersebut dapat menjadi identitas produk pangan fungsional. Namun demikian, untuk meningkatkan daya terima konsumen secara lebih luas, penelitian selanjutnya perlu mengkaji penggunaan bahan penambah aroma alami seperti ekstrak vanila atau buah-buahan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan formulasi yogurt kelor berbasis kombinasi susu yang memiliki karakteristik sensoris baik serta berpotensi dikembangkan sebagai minuman probiotik fungsional. Tahap optimasi menunjukkan bahwa penambahan bubuk daun kelor sebaiknya dilakukan setelah proses fermentasi selesai karena mampu mempertahankan struktur yogurt yang homogen, sedangkan penambahan sebelum fermentasi menyebabkan kegagalan pembentukan gel dan terjadinya pemisahan fase produk.

Kombinasi susu *full cream* dan susu skim dengan perbandingan 1:1 yang difermentasi selama 12 jam menghasilkan karakteristik yogurt terbaik, ditandai dengan tekstur yang padat dan lembut, aroma khas yogurt yang optimal, serta rasa asam yang seimbang. Kombinasi kedua jenis susu memberikan sinergi antara pembentukan struktur gel yang stabil dan karakteristik sensoris yang lebih disukai dibandingkan penggunaan satu jenis susu saja.

Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa formulasi yogurt dengan penambahan bubuk daun kelor sebesar 1% (K1) dan 2% (K2) memperoleh tingkat penerimaan panelis yang paling tinggi pada parameter rasa dan aroma. Sementara itu, formulasi dengan penambahan 3% bubuk daun kelor menghasilkan tekstur paling kental, namun menurunkan tingkat kesukaan terhadap rasa dan aroma akibat dominasi karakteristik herbal daun kelor. Oleh karena itu,

konsentrasi bubuk daun kelor sebesar 1–2% direkomendasikan sebagai formulasi optimum karena mampu meningkatkan nilai fungsional produk tanpa mengurangi penerimaan konsumen.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan daun kelor sebagai bahan fortifikasi yogurt memiliki prospek yang baik dalam pengembangan pangan fungsional berbasis sumber daya lokal. Produk yang dihasilkan tidak hanya memiliki potensi meningkatkan nilai gizi, tetapi juga tetap mempertahankan karakteristik sensoris yang disukai konsumen sehingga berpeluang untuk dikembangkan pada skala industri maupun usaha mikro di bidang pangan.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis mikrobiologi untuk mengetahui jumlah bakteri asam laktat hidup (*viable count*) selama penyimpanan serta mengkaji perubahan aktivitas antioksidan setelah proses fermentasi. Selain itu, diperlukan pengujian umur simpan (*shelf life*) untuk menentukan stabilitas mutu yogurt kelor selama penyimpanan dingin.

Pengembangan formulasi juga dapat diarahkan pada penggunaan teknik *flavor masking* alami melalui penambahan ekstrak buah-buahan, vanila, atau rempah tertentu sehingga aroma khas daun kelor dapat diminimalkan tanpa mengurangi kandungan senyawa bioaktifnya. Penelitian mengenai penerimaan konsumen pada populasi yang lebih luas serta analisis kelayakan ekonomi juga diperlukan sebagai dasar pengembangan produk menuju skala komersial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Faletehan yang telah memberikan dukungan fasilitas laboratorium selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh anggota tim peneliti, panelis, serta semua pihak yang telah berkontribusi dalam proses pengumpulan data, pelaksanaan penelitian, dan penyusunan artikel ilmiah ini.

DAFTAR REFERENSI

- AOAC International. (2019). *Official methods of analysis* (21st ed.).
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *SNI 2981:2009 yogurt*.
- Buckle, K. A., Edwards, R. A., Fleet, G. H., & Wootton, M. (2013). *Ilmu pangan* (H. Purnomo & Adiono, Trans.). UI Press.

- Codex Alimentarius. (2003). *Codex standard for fermented milks (CODEX STAN 243-2003)*. FAO/WHO.
- Damayanti, N. H., Setyawardani, T., & Widayaka, K. (2020). Viskositas dan total padatan yogurt susu kambing dengan penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*). *ANGON: Journal of Animal Science and Technology*, 2(3), 251–258. <https://doi.org/10.20884/1.angon.2020.2.3.p251-258>
- Diantoro, A., Rohman, M., Budiarti, R., & Palupi, H. T. (2015). Pengaruh penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) terhadap kualitas yoghurt. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 6(2). <https://doi.org/10.35891/tp.v6i2.469>
- Fajaratri, V. R. (2023). Pengaruh penggunaan jenis susu dan starter terhadap hasil jadi yoghurt daun kelor (*Moringa yoghurt*). *Jurnal Gizi dan Kesehatan Nusantara*, 2(3), 172–180.
- Granato, D., Branco, G. F., Cruz, A. G., Faria, J. A. F., & Shah, N. P. (2010). Probiotic dairy products as functional foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5), 455–470. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00120.x>
- Hill, C., et al. (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Koswara, S. (2009). *Teknologi pengolahan susu*. Institut Pertanian Bogor.
- Krisnadi, A. D. (2015). *Kelor super nutrisi*. Pusat Informasi dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia.
- Moyo, B., Masika, P. J., Hugo, A., & Muchenje, V. (2011). Nutritional characterization of *Moringa oleifera* leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60), 12925–12933. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1599>
- Muchtadi, D. (2012). *Pangan fungsional dan senyawa bioaktif*. Alfabeta.
- Muchtadi, T. R. (2010). *Ilmu pengetahuan bahan pangan*. Alfabeta.
- Palupi, N. S. (2018). *Pangan fungsional berbasis bahan alam Indonesia*. IPB Press.
- Winarno, F. G. (1997). *Pangan, gizi, teknologi, dan konsumen*. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. (2004). *Kimia pangan dan gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama.