

Inovasi Yoghurt Instan Kacang Merah Bebas Gluten Kaya Antioksidan Melalui Metode Foam Mat Drying

Dewi Restuana Sihombing^{1*}, Connie Daniela¹, Christy Nevy Telaumbanua¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian,
Universitas Katolik Santo Thomas, Medan

*Email korespondensi : dewirestuanasihombing@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan yoghurt instan berbahan kacang merah sebagai pangan fungsional bebas gluten dan kaya antioksidan menggunakan metode *foam mat drying*. Produk ini diharapkan menjadi alternatif bagi individu dengan intoleransi laktosa serta kebutuhan pangan probiotik berbasis nabati. Yoghurt kacang merah dikeringkan menggunakan metode *foam mat drying*, yaitu metode pengeringan melalui pembentukan busa pada sampel sebelum proses pengeringan, selanjutnya sampel dikeringkan menggunakan oven pengering (*tray dryer*) pada 60°C hingga diperoleh bubuk yoghurt dengan kadar air yang rendah. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, yaitu perbandingan susu kacang merah dan maltodekstrin (KM₁ 95:5; KM₂ 90:10; KM₃ 85:15; KM₄ 80:20) serta lama pengeringan L₁ (1 jam), L₂ (2 jam), L₃ (3 jam), dan L₄ (4 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan dan waktu pengeringan berpengaruh nyata terhadap mutu produk. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi 95% susu kacang merah dan 5% maltodekstrin, dengan lama pengeringan 1 jam (L₁), yang menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC₅₀ sebesar 24,54 µg/mL serta total bakteri asam laktat mencapai 12,55 log CFU/mL. Hasil ini menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung optimal dan mampu menghasilkan produk dengan aktivitas antioksidan kuat. Secara keseluruhan, yoghurt instan kacang merah yang dihasilkan memiliki potensi sebagai inovasi pangan fungsional yang praktis, stabil, serta aman dikonsumsi oleh penderita intoleransi laktosa.

Kata kunci: Antioksidan; *foam mat drying*; kacang merah; yoghurt instan

ABSTRACT

This study aims to develop instant yogurt made from red beans as a gluten-free functional food rich in antioxidants using the foam mat drying method. This product is expected to serve as an alternative for individuals with lactose intolerance and those requiring plant-based probiotic foods. The red bean yogurt was dried using the foam mat drying method, which involves forming foam in the sample prior to the drying process. The sample was then dried using a tray dryer at 60°C until a low-moisture yogurt powder was obtained. The study employed a Completely Randomized Design (CRD) with a factorial arrangement consisting of two factors, namely the ratio of red bean milk to maltodextrin (KM₁ 95:5; KM₂ 90:10; KM₃ 85:15; KM₄ 80:20) and drying time (L₁: 1 hour, L₂: 2 hours, L₃: 3 hours, and L₄: 4 hours). The results showed that variations in ingredient composition and drying time had a significant effect on product quality. The best treatment was obtained at a ratio of 95% red bean milk and 5% maltodextrin, which produced the highest antioxidant activity with an IC₅₀ value of 24.54 µg/mL and total lactic acid bacteria reaching 12.55 log CFU/mL. These results indicate that the fermentation process proceeded optimally and was able to produce a product with strong antioxidant activity. Overall, the resulting instant red bean yogurt has potential as an innovative functional food that is practical, stable, and safe for consumption by individuals with lactose intolerance.

Keywords: Antioxidants; *foam mat drying*; red bean; instant yogurt

PENDAHULUAN

Inovasi yoghurt instan nabati berbasis kacang merah (*red bean*) memiliki potensi sebagai pangan fungsional masa kini. Seiring dengan tren kesehatan modern, semakin banyak kebutuhan terhadap produk pangan yang praktis, instan dan kaya antioksidan, terutama bagi mereka yang menghindari laktosa dan bebas gluten (Kusuma *et al.*,2022). Produk yoghurt konvensional berbasis susu hewani mengandung laktosa, sehingga kurang cocok bagi sebagian orang. Melalui pendekatan inovatif ini, kacang merah dapat dijadikan sebagai alternatif yoghurt instan. Perkembangan gaya hidup sehat dalam beberapa tahun terakhir mendorong masyarakat untuk memilih pangan yang praktis namun tetap memberikan manfaat fungsional bagi tubuh. Produk instan yang rendah risiko alergi, bebas laktosa, dan ramah bagi penderita intoleransi gluten menjadi salah satu kebutuhan yang terus meningkat (Kusuma *et al.*,2022).

Yoghurt berbasis susu hewani dikenal sebagai pangan probiotik, tetapi kandungan laktosanya membuat sebagian konsumen tidak dapat mengonsumsinya. Kondisi ini membuka peluang bagi pengembangan yoghurt nabati, salah satunya menggunakan kacang merah yang kaya protein nabati, flavonoid dan antosianin (Kumalaningsih *et al.*,2016). Namun, yoghurt dalam bentuk cair atau semi-solid memiliki masa simpan yang relatif singkat dan mudah mengalami perubahan tekstur serta mutu produk (Arintanti, 2018).

Karena itu, diversifikasi yoghurt menjadi bentuk instan perlu dipertimbangkan agar lebih tahan lama dan mudah digunakan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa berbagai bahan nabati telah dimanfaatkan sebagai dasar pembuatan yoghurt alternatif. Salah satunya yoghurt berbahan dasar kedelai, dari hasil penelitian ini diperoleh kadar protein 3,5-4,2% serta peningkatan aktivitas antioksidan setelah proses fermentasi (Isolauri, 2017). Penelitian lain yang memanfaatkan kacang hijau juga menunjukkan potensinya sebagai yoghurt nabati, dengan kandungan protein mencapai 2,12% dan vitamin C sebesar 6,77 mg/100 g (Kurniasih, 2019) Meski demikian, pemanfaatan kacang merah sebagai bahan utama yoghurt masih jarang dieksplorasi, padahal kandungan antioksidannya cukup tinggi dan berperan signifikan dalam menghambat aktivitas radikal bebas. Di sisi lain, produk pangan instan yang tersedia di pasaran sebagian besar justru tinggi gula, lemak, dan garam, sehingga tidak mendukung pola hidup sehat (Luh *et al.*,2019). Gap inilah yang mendorong hadirnya inovasi pangan instan yang lebih bernilai gizi dan fungsional. Pemanfaatan kacang merah sebagai

bahan baku yoghurt instan nabati yang belum banyak dikembangkan, serta pengaplikasian metode foam mat drying untuk menghasilkan produk instan yang stabil, mudah disimpan dan tetap kaya nutrisi. Teknik ini menggunakan foaming agent untuk membentuk busa sebelum dikeringkan pada suhu rendah, sehingga senyawa bioaktif, aroma dan warna dapat terjaga dengan baik (Analianasari *et al.*,2018).

Pendekatan ini berbeda dari penelitian sebelumnya yang mengembangkan fruitghurt berbahan jambu biji dan nanas menggunakan metode enkapsulasi (Sihombing *et al.*,2022). Dengan fokus yang berbeda, penelitian ini berupaya memperluas pemanfaatan bahan pangan lokal sekaligus memberikan kontribusi pada pengembangan produk fungsional yang siap hilirisasi. Permasalahan utama yang disoroti adalah bagaimana menghasilkan yoghurt instan nabati dari kacang merah yang memiliki mutu fisik, kimia dan sensori yang baik, serta tetap mempertahankan kandungan protein dan aktivitas antioksidan setelah melalui proses pengeringan. Selain itu, perlu dipahami bagaimana variasi konsentrasi susu kacang merah dan maltodekstrin memengaruhi kualitas akhir produk. Penelitian ini juga dilatarbelakangi dari hipotesis bahwa metode foam mat drying mampu menghasilkan yoghurt instan dengan kadar air rendah, stabilitas antioksidan baik, serta karakteristik sensori yang dapat diterima konsumen. Sejalan dengan itu, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan formulasi yoghurt instan nabati berbasis kacang merah melalui proses fermentasi dan pengeringan foam mat drying, serta mengevaluasi sifat kimia, fisik dan organoleptiknya agar diperoleh produk pangan fungsional yang bernutrisi dan sesuai tuntutan modern saat ini yang serba praktis (Sihombing *et al.*,2022).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu kacang merah yang diperoleh dari Desa Suka Maju Kabupaten Deli Serdang, *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) *Food Grade*, Maltodekstrin (GMO Free) *Food Grade*, DPPH, etanol, H₂SO₄ 0,325 N, NaOH 0,01 N, indikator PP, Methanol.

Alat

Alat yang digunakan adalah timbangan analitik (ohaus), oven (memert), blender (Philips), mixer (Philips), thermometer (aicare), refractometer (atago), colony counter (SC6 plus), spektrofotometer, laminar air flow (Astecair), autoclave (hirayama), waterbath (memmert), inkubator (memmert), kasa/kain saring, buffer PBS (*extraction buffer*), botol kaca

250 ml, plastik *vacum sealer*, alkohol 96 %, DPPH Aldrich Sigma, *Nutrien Agar* (Merck), *Plate Count Agar* (Merck), *MRSA de Man Rogosa Sharpe agar* (Merck), ethanol pro analys (Merck), NaCl, methanol pro analys (Merck), reagen NaOH 0,1 N, Phenolphthalein Indicator (Merck), akuades steril, starter *Streptococcus thermophilus* cair, starter *Lactobacillus Bulgaricus* cair, *glucose powder*, tween 80 for synthesis (merck) kode.882118705.

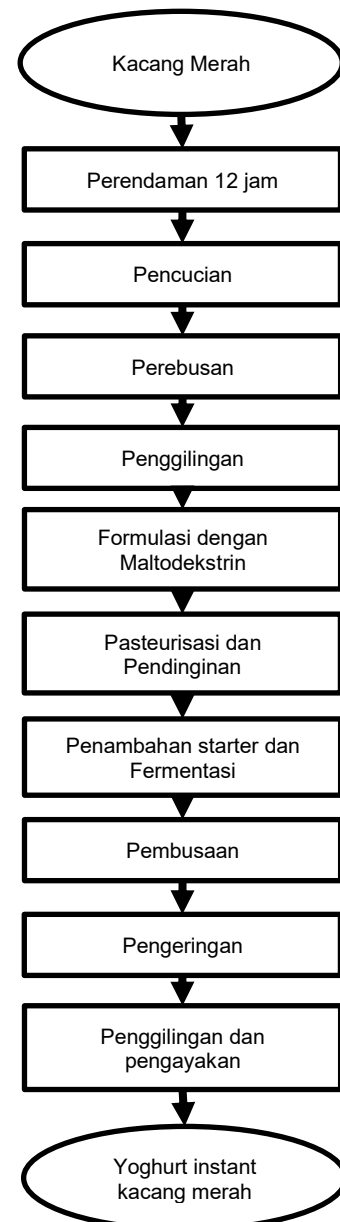
Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan menyiapkan kacang merah kering sebanyak 5 kg. Biji kacang merah terlebih dahulu direndam dalam air selama 12 jam agar teksturnya melunak dan lebih mudah diolah. Setelah perendaman, kacang merah dibilas kembali, kemudian direbus dalam 5 liter air hingga mencapai tingkat kelunakan yang sesuai untuk penghalusan. Kacang merah yang telah matang kemudian dihaluskan menggunakan *blender* Philips (HR2115, 600 W), hingga membentuk bubur halus tanpa gumpalan. Sari kacang merah tersebut kemudian diformulasikan menjadi campuran dasar yoghurt dengan menambahkan 500 gram susu skim bubuk dan 100 gram gula. Air ditambahkan hingga volume total mencapai 3 liter. Seluruh campuran kemudian dipasteurisasi pada suhu 70°C selama 10 menit menggunakan *waterbath* listrik (Memmert S-04). Setelah dipasteurisasi, campuran didinginkan hingga berada suhu 40°C, lalu diinokulasi dengan kultur starter yoghurt sebanyak 3% v/v, terdiri dari *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Campuran diaduk perlahan hingga homogen sebelum difermentasi.

Fermentasi dilaksanakan dengan menempatkan campuran yang telah diinokulasi ke dalam wadah steril, kemudian dimasukkan ke dalam inkubator (Memmert IN30) pada suhu tetap 37°C. Proses fermentasi berlangsung selama 6 jam, hingga diperoleh produk dengan pH sekitar 4,0–4,5 serta struktur yang mengental sebagai tanda bahwa fermentasi berjalan optimal. Yoghurt kacang merah yang telah terbentuk selanjutnya diolah menjadi melalui metode *foam mat drying*. Pada tahap ini ditambahkan 50 gram maltodekstrin dan 60 ml putih telur sebagai bahan pembentuk foam. Campuran dikocok menggunakan mixer listrik (Bosch MFQ36300, 400 W) selama 5 menit hingga terbentuk foam yang stabil dengan volume yang meningkat. Busa yang diperoleh kemudian dioleskan secara merata pada loyang stainless steel dengan ketebalan 5 milimeter.

Loyang berisi sampel dimasukkan ke dalam *tray dryer* (Binder FD 56) dengan suhu 60°C. Pengeringan dilakukan hingga lapisan busa berubah menjadi lembaran tipis yang

kering dan rapuh. Penelitian ini menggunakan variasi waktu pengeringan yaitu 1, 2, 3, dan 4 jam. Lembaran kering kemudian dihancurkan dan digiling hingga menjadi bubuk halus, kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 60 mesh agar partikel yang dihasilkan memiliki ukuran seragam. Yoghurt instan kacang merah selanjutnya dikemas dalam plastik atau kemasan *aluminium foil* dan disegel menggunakan alat sealer panas (*PCS Pulse Sealer*) untuk menjaga kualitas produk selama penyimpanan. Skema diagram alir pembuatan yoghurt instan kacang merah disajikan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Yoghurt Instan Kacang Merah Bebas Gluten Kaya Antioksidan Melalui Metode *Foam Mat Drying*

Rancangan Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan

metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu : faktor I : konsentrasi susu kacang merah : maltodekstrin terdiri dari 4 taraf yaitu : $KM_1 = 95\% : 5\%$, $KM_2 = 90\% : 10\%$, $KM_3 = 85\% : 15\%$, $KM_4 = 80\% : 20\%$. Faktor II : lama pengeringan (L) terdiri dari 4 taraf yaitu : $L_1 = 1$ jam, $L_2 = 2$ jam, $L_3 = 3$ jam, $L_4 = 4$ jam. Kombinasi perlakuan digunakan dalam formulasi dan metode pengolahan yang diuji, untuk memperoleh formulasi terbaik yoghurt instan nabati berbasis kacang merah. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan dengan tiga kali ulangan. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji F melalui analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Uji ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antar perlakuan.

Aktivitas Antioksidan (Shalaby et al., 2015)

Tahap awal, menyiapkan larutan DPPH dengan cara melarutkan 0,004 gram serbuk 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH, Sigma-Aldrich, kemurnian $\geq 95\%$) ke dalam 100 ml metanol pro-analisis (Merck). Larutan ini dikocok hingga seluruh kristal larut, kemudian disimpan di tempat yang terlindung dari cahaya selama kurang lebih tiga puluh menit agar radikal DPPH mencapai kestabilan optimum. Sampel yoghurt instan kacang merah ditimbang sebanyak 0,1 gram, lalu dilarutkan dalam metanol hingga mencapai volume 10 ml. Larutan tersebut menjadi larutan stok dengan konsentrasi 10.000 ppm.

Untuk memperoleh deret konsentrasi kerja, larutan induk diencerkan menggunakan labu takar berkapasitas 10–50 ml (Iwaki) sehingga terbentuk beberapa konsentrasi, misalnya 100 ppm hingga 800 ppm. Proses pengenceran dilakukan menggunakan pipet volumetrik (Pyrex). Setiap larutan sampel yang telah disiapkan kemudian diambil sebanyak 1 ml dan dicampur dengan 3 ml larutan DPPH 0,1 mm. Dihomogenkan menggunakan vortex (*Thermo Scientific Maxi II*) agar kedua komponen berburai secara merata. Selanjutnya, campuran diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Setelah itu, absorbansi campuran diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800). Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 517 nm. Jumlah aktivitas antioksidan dihitung berdasarkan perbandingan absorbansi sampel (α terhadap absorbansi kontrol menggunakan Persamaan 1.

$$I_{C50} = \frac{\alpha_c - \alpha_s}{\alpha_s} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

α_c adalah nilai absorbansi radikal bebas (DPPH) tanpa penambahan sampel antioksidan, dan α_s

adalah nilai absorbansi radikal bebas setelah bereaksi dengan sampel antioksidan. Data inhibisi selanjutnya diplot terhadap konsentrasi sampel untuk memperoleh kurva regresi, sehingga diperoleh nilai IC_{50} sebagai parameter potensi antioksidan.

Analisa Protein (AOAC, 2016)

Yoghurt instan kacang merah ditimbang sebanyak 0,5 gram (Ohaus PA.214). Sampel kemudian dimasukkan ke dalam tabung destruksi dan ditambahkan 5 gram katalis campuran K_2SO_4 , (Merck) dan $CuSO_4$ (Merck) perbandingan 10:1. Selanjutnya ditambahkan 12 ml H_2SO_4 (Merck) sebagai agen pengoksidasi. Proses destruksi dilakukan menggunakan alat digestor blok Kjeldahl (*Gerhardt Kjeldatherm*) pada suhu sekitar 380°C hingga larutan berubah menjadi jernih kehijauan, yang menandakan seluruh nitrogen organik telah diubah menjadi ion amonium. Setelah proses destruksi selesai, tabung didinginkan pada suhu ruang sebelum tahap distilasi dilakukan.

Larutan hasil destruksi kemudian diencerkan dengan 50 ml akuades dan ditempatkan pada unit distilasi Kjeldahl (*Gerhardt Vapodest 200*). Dalam proses distilasi, larutan dibuat basa dengan menambahkan 40% NaOH (Merck) sehingga ion amonium berubah menjadi amonia. Uap amonia yang terbentuk ditangkap oleh larutan asam borat 4% (Merck) yang telah ditambahkan indikator campuran metil merah–bromkresol hijau. Distilasi dilakukan hingga volume destilat mencapai 150 ml. Larutan penampung yang telah bereaksi kemudian dititrasi menggunakan larutan HCl 0,1 N dengan bantuan buret digital (*Brand Titrette*) hingga terjadi perubahan warna yang menandai titik akhir titrasi. Volume HCl yang digunakan dicatat sebagai nitrogen total dalam sampel. Persentase nitrogen dihitung berdasarkan volume dan normalitas asam titran, dan selanjutnya nilai nitrogen dikonversikan menjadi kadar protein menggunakan faktor konversi 6,25.

Total Bakteri Asam Laktat (Nielsen, 2017)

Sebanyak 1 g yoghurt instan kacang merah ditimbang secara aseptis, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml larutan NaCl 0,85% steril untuk mendapatkan pengenceran 10^{-1} . Suspensi sampel dihomogenkan menggunakan vortex selama 1 menit. Selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat hingga pengenceran yang diinginkan (10^{-2} sampai 10^{-6}). Sebanyak 1 ml dari masing-masing pengenceran diinokulasikan ke dalam cawan petri steril, kemudian ditambahkan ± 15 ml MRS Agar steril

dengan metode *pour plate*. Cawan diputar perlahan hingga homogen dan dibiarkan memadat. Cawan petri diinkubasi secara terbalik pada suhu 37°C selama 48 jam. Koloni yang tumbuh dihitung menggunakan colony counter pada cawan dengan jumlah koloni 30-300 koloni.

Kadar Air (Nielsen, 2017)

Penentuan kadar air pada sampel dilakukan menggunakan metode oven (*gravimetri*) berdasarkan prosedur standar AOAC dengan pengeringan sampel hingga mencapai berat konstan. Sampel ditimbang sebanyak 2 gram menggunakan timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg (Ohaus PA.214). Sampel ditempatkan dalam cawan aluminium yang sebelumnya telah dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam desikator. Setiap cawan diberi kode untuk memudahkan identifikasi selama proses analisis. Setelah sampel dimasukkan ke dalam cawan, wadah tersebut segera dialihkan ke dalam oven pengering (Memmert UN55) pada suhu 105°C.

Pengeringan dilakukan selama 5 jam, atau hingga sampel mencapai massa yang konstan. Setelah pengeringan selesai, cawan dikeluarkan dari oven menggunakan penjepit tahan panas lalu dimasukkan ke dalam desikator (*Duran Glass*) selama sekitar 30 menit untuk pendinginan. Setelah dingin, cawan ditimbang kembali untuk mendapatkan massa akhir. Kadar air dihitung berdasarkan selisih antara massa awal dan massa akhir, yang kemudian dinyatakan dalam persentase menggunakan Persamaan 2.

$$m = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: W_1 adalah massa sampel sebelum pengeringan, sedangkan W_2 adalah massa sampel setelah pengeringan sebagai berat kering bahan.

Uji Organoleptik (Meilgaard et al., 2016)

Uji organoleptik mencakup pengamatan terhadap rasa, aroma, serta warna produk. Pengujian melibatkan 25 panelis semi terlatih yang diminta memberikan penilaian menggunakan skala hedonik 1-5, dimana skor 1 menunjukkan sangat tidak suka, skor 2 berarti tidak suka, skor 3 netral, skor 4 suka dan skor 5 menunjukkan sangat suka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Produk Yoghurt Instan Kacang Merah Hasil Proses *Foam Mat Drying*

Proses pembuatan yoghurt instan kacang merah menggunakan metode *foam mat drying* dalam penelitian ini menghasilkan yoghurt instan dengan karakteristik kimia dan

mikrobiologi yang menunjukkan potensi sebagai pangan fungsional. Metode pengeringan ini memanfaatkan pembentukan busa dengan bantuan bahan pengisi untuk memperluas permukaan pengeringan sehingga proses pelepasan air berlangsung lebih efektif. Berdasarkan hasil pengujian, yoghurt instan kacang merah memiliki aktivitas antioksidan sebesar 24,18-24,54%, kadar protein 12,19-12,52%, kadar air 4,89-4,94%, dan total bakteri asam laktat (BAL) sebesar 12,55-12,95 log CFU/ml.

Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa proses *foam mat drying* mampu menghasilkan produk dengan kadar air rendah serta tetap mempertahankan komponen bioaktif dan mikroorganisme fungsional pada yoghurt instan. Kandungan antioksidan dan protein pada produk dipengaruhi oleh kontribusi susu kacang merah sebagai bahan utama yang mengandung senyawa bioaktif dan protein nabati. Selain itu, keberadaan BAL dalam jumlah tinggi menunjukkan bahwa proses pengeringan yang diterapkan masih mampu mempertahankan viabilitas mikroorganisme selama pengolahan. Penggunaan maltodekstrin dalam formulasi berperan sebagai bahan pengisi yang membantu pembentukan struktur bubuk serta meningkatkan kestabilan produk selama proses pengeringan. Secara keseluruhan, karakteristik yoghurt instan kacang merah hasil *foam mat drying* menunjukkan potensi untuk dikembangkan sebagai produk pangan fungsional bebas gluten dengan kandungan antioksidan dan BAL yang tetap terjaga.

Pengaruh Formulasi Susu Kacang Merah dan Maltodekstrin (KM) terhadap Karakteristik Kimia dan Mikrobiologi Yoghurt Instan Kacang Merah

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi susu kacang merah dan maltodekstrin memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan, kadar protein, kadar air dan total bakteri asam laktat (BAL) yoghurt instan kacang merah (*red bean*). Pengaruh kombinasi konsentrasi susu kacang merah dan maltodekstrin terlihat pada karakteristik fisik, kimia dan organoleptik yoghurt instan. Penambahan proporsi susu kacang merah cenderung meningkatkan kandungan antioksidan, protein, total asam, kadar air serta total bakteri asam laktat produk yoghurt instan yang dihasilkan. Pengaruh formulasi terhadap karakteristik kimia dan mikrobiologi yoghurt instan kacang merah disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Pengaruh formulasi susu kacang merah dan maltodekstrin (KM) terhadap karakteristik kimia dan mikrobiologi yoghurt instan kacang merah

Perlakuan	Parameter			
	Aktivitas Antioksidan(%)	Protein (%) b/b	Kadar Air (%)	Total BAL (log CFU/ml)
KM1	24,54 ± 0,05 ^a	12,52 ± 0,02 ^a	4,94 ± 0,01 ^a	12,55 ± 0,03 ^d
KM2	24,31 ± 0,04 ^b	12,34 ± 0,02 ^b	4,91 ± 0,01 ^b	12,69 ± 0,03 ^c
KM3	24,27 ± 0,06 ^b	12,22 ± 0,02 ^c	4,90 ± 0,01 ^{bc}	12,82 ± 0,03 ^b
KM4	24,18 ± 0,07 ^c	12,19 ± 0,02 ^c	4,89 ± 0,01 ^c	12,95 ± 0,03 ^a

Formulasi susu kacang merah dan maltodekstrin mempengaruhi komposisi kimia sekaligus viabilitas mikroorganisme selama proses fermentasi berlangsung. Aktivitas antioksidan yoghurt instan yaitu 24,18-24,54%. Perlakuan KM₁ menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi (24,54±0,05%), sedangkan perlakuan KM₄ menunjukkan nilai terendah (24,18±0,07%). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa KM₁ berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya ($p < 0,05$). Penurunan aktivitas antioksidan pada KM₂, KM₃ dan KM₄ menunjukkan bahwa meningkatnya proporsi maltodekstrin menyebabkan berkurangnya konsentrasi senyawa antioksidan dalam produk.

Hal ini karena maltodekstrin tidak mengandung senyawa fenolik maupun flavonoid, sehingga peningkatan konsentrasinya menyebabkan efek pengenceran (*dilution effect*) terhadap kandungan antioksidan yang berasal dari susu kacang merah. Kacang merah diketahui kaya akan senyawa fenolik, antosianin dan flavonoid yang berperan sebagai donor elektron dalam menangkap radikal bebas sehingga berkontribusi terhadap tingginya aktivitas antioksidan produk. Kadar protein yoghurt instan berkisar antara 12,19-12,52%. Nilai protein tertinggi diperoleh pada perlakuan KM₁ (12,52±0,02%), kemudian menurun secara bertahap pada KM₂ (12,34±0,02%), KM₃ (12,22±0,02%) dan KM₄ (12,19±0,02%).

Penurunan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi maltodekstrin

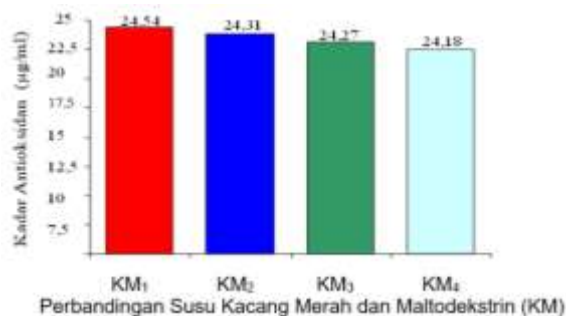
dalam formulasi, semakin rendah kadar protein produk. Kondisi ini disebabkan karena susu kacang merah merupakan sumber utama protein nabati, sedangkan maltodekstrin merupakan hasil hidrolisis pati yang didominasi oleh karbohidrat dan hampir tidak mengandung protein. Peningkatan konsentrasi maltodekstrin menurunkan persentase protein secara relatif akibat bertambahnya total padatan non-protein dalam formulasi. Kadar air yoghurt instan berada pada kisaran 4,89-4,94%. Perlakuan KM₁ menghasilkan kadar air tertinggi (4,94±0,01%), sedangkan KM₄ menghasilkan kadar air terendah (4,89±0,01%). Walaupun selisih antarperlakuan relatif kecil, hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Penurunan kadar air berkaitan dengan meningkatnya konsentrasi maltodekstrin yang berfungsi sebagai *drying aid*. Maltodekstrin mampu meningkatkan total padatan dan mempercepat pembentukan lapisan pelindung pada permukaan partikel, sehingga proses pelepasan air berlangsung lebih efisien. Kadar air seluruh perlakuan yang berada di bawah 5% menunjukkan bahwa yoghurt instan yang dihasilkan memiliki stabilitas penyimpanan yang baik karena kadar air rendah dapat menekan aktivitas mikroba pembusuk maupun laju reaksi kimia yang menyebabkan penurunan mutu. Total Bakteri Asam Laktat (BAL) justru mengalami peningkatan seiring bertambahnya proporsi maltodekstrin, yaitu dari 12,55±0,03 log CFU/mL pada KM₁ menjadi 12,95±0,03 log CFU/mL pada KM₄. Seluruh perlakuan menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$). Hasil ini mengindikasikan bahwa maltodekstrin berperan penting dalam mempertahankan viabilitas bakteri asam laktat. Maltodekstrin mampu membentuk matriks *amorf* yang melindungi membran sel bakteri dari kerusakan akibat tekanan osmotik dan kehilangan air selama proses dehidrasi.

Perlindungan tersebut memungkinkan lebih banyak sel BAL tetap hidup sehingga jumlah bakteri yang terdeteksi menjadi lebih tinggi. Selain itu, maltodekstrin juga dapat mengurangi kerusakan oksidatif selama penyimpanan sehingga stabilitas kultur bakteri menjadi lebih baik. Secara keseluruhan terlihat adanya kecenderungan bahwa peningkatan proporsi susu kacang merah meningkatkan aktivitas antioksidan dan kadar protein, sedangkan peningkatan proporsi maltodekstrin menghasilkan kadar air yang lebih rendah serta mampu mempertahankan viabilitas bakteri asam laktat pada yoghurt instan kacang merah. Kondisi tersebut menunjukkan adanya keseimbangan antara peningkatan nilai gizi dan kemampuan mempertahankan mikroorganisme probiotik.

Kadar Antioksidan

Hasil analisa kadar antioksidan tertinggi pada perlakuan KM1 yaitu 24,54 µg/ml dan kadar terendah pada perlakuan KM4 yaitu 24,18 µg/ml. Secara umum, semakin tinggi konsentrasi susu kacang merah pada formulasi yoghurt instan kacang merah, maka kadar antioksidan yang dihasilkan juga semakin meningkat. Sebaliknya, penambahan maltodekstrin yang semakin tinggi cenderung menurunkan kadar antioksidan. Peningkatan kadar antioksidan pada perlakuan dengan konsentrasi susu kacang merah lebih tinggi disebabkan oleh keberadaan senyawa bioaktif yang terkandung dalam kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.), antara lain polifenol, flavonoid dan antosianin. Senyawa ini diketahui memiliki peran penting sebagai donor elektron yang mampu menetralkan radikal bebas. Hubungan antara perbandingan konsentrasi susu kacang merah dan maltodekstrin dengan kadar antioksidan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Perbandingan Konsentrasi Susu Kacang Merah dan Maltodekstrin terhadap Kadar Antioksidan Yoghurt Instan Kacang Merah

Hasil analisa antioksidan tertinggi terdapat pada perlakuan KM1 yaitu 24,54 µg/ml dan kadar terendah pada perlakuan KM4 yaitu 24,18 µg/ml. Semakin tinggi konsentrasi susu kacang merah pada formulasi soyredhurt instan, maka kadar antioksidan yang dihasilkan juga semakin meningkat. Peningkatan kadar antioksidan pada perlakuan dengan konsentrasi susu kacang merah yang lebih tinggi menunjukkan bahwa komponen bioaktif dalam kacang merah memiliki peran dominan dalam menentukan kemampuan penangkapan radikal bebas pada produk soyredhurt instan.

Kacang merah dikenal sebagai sumber antosianin, flavonoid dan berbagai asam fenolat seperti asam ferulat dan asam kafeat. Senyawa-senyawa ini memiliki struktur cincin aromatik yang memungkinkan elektron terdelokalisasi setelah menyumbangkan atom hidrogen kepada radikal bebas. Proses penetralan radikal bebas ini merupakan dasar dari mekanisme antioksidan, sehingga semakin tinggi kandungan senyawa fenolik dalam formulasi,

semakin besar pula kemampuan produk untuk menghambat oksidasi.

Seiring peningkatan konsentrasi susu kacang merah ditingkatkan, jumlah total fenolik yang tersedia dalam matriks soyredhurt juga meningkat. Proses pemanasan dan penghancuran bahan selama pembuatan susu kacang merah dapat memecah dinding sel tanaman dan melepaskan antosianin serta fenolik lain yang semula terikat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bahan nabati kaya polifenol, baik dari kacang-kacangan berwarna merah maupun buah-buahan, selalu memberikan peningkatan total fenolik dan aktivitas antioksidan pada produk fermentasi berbasis kedelai (Lo et al., 2022).

Produk seperti soygurt atau minuman kedelai terfortifikasi menunjukkan pola yang sama, yaitu semakin besar penambahan sumber fenolik, semakin tinggi nilai aktivitas antioksidan yang terukur. Kesamaan pola ini menunjukkan bahwa mekanisme peningkatan antioksidan pada soyredhurt instan yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah merupakan respon kimiawi yang konsisten terhadap peningkatan jumlah senyawa fenolik dalam bahan. Dengan demikian, tren peningkatan antioksidan dari perlakuan KM1 hingga KM4 diperoleh dari peningkatan jumlah komponen bioaktif kacang merah, serta meningkatnya stabilitas fenolik yang bekerja secara sinergis, menghasilkan hubungan positif antara konsentrasi susu kacang merah dan kadar antioksidan pada produk yoghurt instan kacang merah.

Kadar Protein

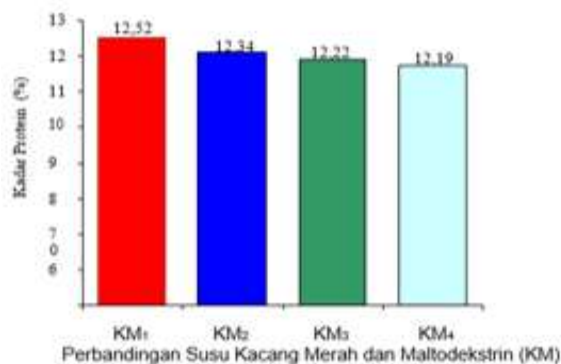
Perbandingan konsentrasi susu kacang merah dan maltodekstrin memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein yoghurt instan kacang merah (*soyredhurt*). Nilai kadar protein tertinggi diperoleh pada perlakuan KM₁ sebesar 12,52%, sedangkan kadar protein terendah diperoleh pada perlakuan KM₄ yaitu 12,19%. Hasil uji lanjut LSR menunjukkan bahwa setiap perlakuan berbeda nyata. Penurunan kadar protein seiring dengan peningkatan konsentrasi maltodekstrin dapat dijelaskan bahwa susu kacang merah merupakan sumber utama protein, sementara maltodekstrin lebih berperan sebagai *carrier agent* yang relatif tidak mengandung protein (Shukla et al., 2020). Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan, maka semakin menurunkan konsentrasi protein pada produk soyredhurt instan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Sihombing et al, 2022 tentang penambahan maltodekstrin dalam formulasi minuman instan berbasis protein nabati dapat menurunkan

kandungan protein akibat efek pengenceran. Penelitian serupa oleh Suter *et al*, 2018 juga menunjukkan fungsi maltodekstrin adalah sebagai bahan pengikat (*binder*) dan pembentuk struktur serbuk yang baik, namun keberadaannya dapat menurunkan proporsi zat gizi utama seperti protein. Selain itu, proses *foam mat drying* relatif mampu mempertahankan kandungan protein pada *soyredhurt* instan karena suhu pengeringan yang digunakan tidak terlalu tinggi dibandingkan *spray drying* atau *drum drying*.

Menurut Tonon *et al*, 2019, metode *foam mat drying* dapat menjaga stabilitas senyawa bioaktif dan nutrisi, termasuk protein, karena proses pengeringan berlangsung cepat dan membentuk lapisan tipis sehingga paparan panas lebih singkat. Protein pada *soyredhurt* instan ini tidak hanya berfungsi sebagai zat gizi, tetapi juga berkontribusi terhadap karakteristik fungsional produk. Susu kacang merah kaya akan protein nabati dengan kandungan asam amino esensial, terutama lisin dan leusin, yang penting untuk kesehatan tubuh (Adnan *et al*, 2017).

Penelitian sebelumnya pada produk kedelai dan kacang-kacangan instan, menunjukkan bahwa peningkatan bahan pengisi non-protein seperti maltodekstrin secara konsisten menurunkan kadar protein akibat penurunan proporsi protein dalam matriks produk. Hubungan antara perbandingan konsentrasi susu kacang merah merah dan maltodekstrin dengan kadar protein disajikan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Pengaruh Perbandingan Konsentrasi Susu Kacang Merah dan Maltodekstrin terhadap Kadar Protein Yoghurt Instan Kacang Merah (Soyredhurt)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah konsentrasi susu kacang merah berbanding lurus dengan meningkatnya kadar protein soyredhurt instan, sedangkan penambahan maltodekstrin menghasilkan penurunan kadar protein. Pola ini mencerminkan perbedaan komposisi kimia bahan penyusun. Susu kacang merah merupakan sumber protein

nabati dengan kandungan albumin dan globulin yang cukup tinggi, sehingga peningkatan konsentrasinya memperbesar fraksi protein dalam total padatan. Sebaliknya, maltodekstrin tersusun hampir sepenuhnya dari polisakarida sehingga tidak memberikan kontribusi nitrogen yang terukur dalam analisis protein. Oleh karena itu, peningkatan bahan pengisi non-protein secara konsisten menurunkan kadar protein akibat perubahan komposisi total padatan. Dengan demikian, perbedaan rasio susu kacang merah dan maltodekstrin merupakan faktor penentu utama variasi kadar protein soyredhurt instan.

Pengaruh Formulasi Susu Kacang Merah dan Maltodekstrin (KM) terhadap Karakteristik Sensoris Yoghurt Instan Kacang Merah

Karakteristik sensoris merupakan parameter penting dalam menentukan penerimaan konsumen terhadap suatu produk pangan. Formulasi susu kacang merah dan maltodekstrin dapat memengaruhi organoleptik rasa, aroma, warna dan tekstur yoghurt instan karena kedua bahan memiliki peran dalam membentuk karakteristik produk. Susu kacang merah berkontribusi terhadap cita rasa, warna alami, dan komponen bioaktif, sedangkan maltodekstrin berperan sebagai bahan pengisi yang dapat memperbaiki sifat fisik dan kelarutan produk.

Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi formulasi susu kacang merah dan maltodekstrin berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap karakteristik sensoris yoghurt instan kacang merah. Nilai tingkat kesukaan panelis terhadap organoleptik rasa, aroma, warna, dan tekstur pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengaruh formulasi susu kacang merah dan maltodekstrin (KM) terhadap karakteristik sensoris yoghurt instan kacang merah

Perlakuan	Parameter			
	Rasa	Aroma	Warna	Tekstur
KM1	3,93±0,03 ^a	3,74±0,04 ^c	3,92±0,03 ^a	3,86±0,02 ^a
KM2	3,96±0,03 ^a	3,85±0,05 ^b	3,88±0,03 ^a	3,89±0,02 ^a
KM3	3,53±0,03 ^b	3,75±0,04 ^c	3,64±0,03 ^b	3,64±0,03 ^b
KM4	3,44±0,04 ^c	3,98±0,03 ^a	3,87±0,02 ^a	3,18±0,03 ^c

Berdasarkan hasil uji sensoris (Tabel 2), formulasi susu kacang merah dan maltodekstrin

memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap tingkat kesukaan panelis pada organoleptik rasa, aroma, warna dan tekstur yoghurt instan kacang merah. Perbedaan nilai sensoris antarperlakuan menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan berpengaruh terhadap karakteristik produk yang diterima oleh panelis. Nilai kesukaan terhadap rasa yoghurt instan kacang merah berkisar antara 3,44-3,96. Perlakuan KM_2 menghasilkan nilai tertinggi ($3,96 \pm 0,03$) yang tidak berbeda nyata dengan KM_1 ($3,93 \pm 0,03$), sedangkan nilai terendah diperoleh pada KM_4 ($3,44 \pm 0,04$).

Tingginya penerimaan rasa pada KM_1 dan KM_2 karena keseimbangan antara susu kacang merah dan maltodekstrin mampu menghasilkan cita rasa yoghurt yang lebih sesuai. Proporsi susu kacang merah yang cukup memberikan karakter rasa khas kacang, sedangkan maltodekstrin dapat membantu mengurangi intensitas rasa langu (*beany flavor*) yang berasal dari kacang merah. Pada parameter aroma, nilai kesukaan panelis berkisar antara 3,74-3,98. Perlakuan KM_4 menunjukkan nilai aroma tertinggi ($3,98 \pm 0,03$), berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, sedangkan KM_1 dan KM_3 memiliki nilai yang relatif lebih rendah.

Tingginya penerimaan aroma pada KM_4 diduga karena konsentrasi maltodekstrin yang lebih tinggi mampu mengurangi aroma khas kacang merah yang kurang disukai oleh sebagian panelis. Nilai kesukaan terhadap warna berkisar antara 3,64-3,92. Perlakuan KM_1 menghasilkan nilai tertinggi ($3,92 \pm 0,03$), namun tidak berbeda nyata dengan KM_2 dan KM_4 . Sementara itu, KM_3 menunjukkan nilai terendah ($3,64 \pm 0,03$). Perbedaan warna yoghurt instan dipengaruhi oleh kandungan pigmen alami pada kacang merah, terutama senyawa fenolik dan antosianin yang memberikan warna khas pada produk. Semakin tinggi kontribusi susu kacang merah dalam formulasi, warna produk cenderung lebih kuat dan menarik bagi panelis. Organoleptik tekstur menunjukkan nilai kesukaan antara 3,18-3,89. Perlakuan KM_2 memiliki nilai tertinggi ($3,89 \pm 0,02$) dan tidak berbeda nyata dengan KM_1 ($3,86 \pm 0,02$), sedangkan nilai terendah terdapat pada KM_4 ($3,18 \pm 0,03$).

Perubahan tekstur berkaitan dengan peran maltodekstrin dalam mempengaruhi karakteristik bubuk yoghurt setelah proses pengeringan dan rehidrasi. Penambahan maltodekstrin pada jumlah yang sesuai dapat memperbaiki kelarutan dan menghasilkan tekstur yang lebih halus, namun konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tekstur kurang disukai akibat perubahan kekentalan atau sensasi berpasir pada produk setelah dilarutkan kembali. Hal ini menunjukkan bahwa

keseimbangan antara susu kacang merah dan maltodekstrin berperan penting dalam menghasilkan yoghurt instan kacang merah dengan mutu sensoris yang baik dan dapat diterima oleh panelis.

Pengaruh Lama Pengeringan terhadap Karakteristik Kimia dan Mikrobiologi Yoghurt Instan Kacang Merah

Karakteristik kimia dan mikrobiologi yoghurt instan kacang merah menjadi indikator penting dalam mengevaluasi kualitas produk yang dihasilkan. Pengujian meliputi aktivitas antioksidan, kadar protein, kadar air, dan total Bakteri Asam Laktat (BAL) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap nilai fungsional, kandungan nutrisi, stabilitas produk, serta keberlangsungan mikroorganisme fermentasi. Hasil pengamatan terhadap parameter tersebut disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pengaruh Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Kimia Dan Mikrobiologi Yoghurt Instan Kacang Merah

Perlakuan	Parameter			
	Aktivitas Antioksidan (%)	Protein (%) b/b	Kadar Air (%)	Total BAL (log CFU/ml)
L1	24,40 $\pm$ 0,02 ^a	12,61 $\pm$ 0,02 ^a	4,92 $\pm$ 0,01 ^a	12,71 $\pm$ 0,02 ^a
L2	24,37 $\pm$ 0,02 ^a	12,38 $\pm$ 0,02 ^b	4,88 $\pm$ 0,01 ^b	12,64 $\pm$ 0,02 ^b
L3	24,23 $\pm$ 0,03 ^b	12,29 $\pm$ 0,02 ^c	4,76 $\pm$ 0,01 ^c	12,52 $\pm$ 0,02 ^c
L4	24,19 $\pm$ 0,03 ^c	12,18 $\pm$ 0,02 ^d	4,71 $\pm$ 0,01 ^d	12,44 $\pm$ 0,02 ^d

Berdasarkan hasil pengujian (Tabel 3), perlakuan lama pengeringan memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap karakteristik kimia dan mikrobiologi yoghurt instan kacang merah yang meliputi aktivitas antioksidan, kadar protein, kadar air dan total bakteri asam laktat (BAL). Perbedaan nilai pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa perubahan formulasi memengaruhi komponen penyusun serta stabilitas produk yang dihasilkan.

Aktivitas antioksidan yoghurt instan kacang merah berkisar antara 24,19-24,40%. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan L1 ($24,40 \pm 0,02\%$), sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan L4 ($24,19 \pm 0,03\%$). Perlakuan L1 tidak berbeda nyata dengan L2, namun berbeda nyata dengan L3 dan L4. Hasil analisis yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan L1-L4 memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan, kadar protein,

kadar air, dan total bakteri asam laktat (BAL) yoghurt instan kacang merah. Perbedaan nilai pada setiap perlakuan menunjukkan adanya perubahan karakteristik yoghurt instan kacang merah yang dihasilkan.

Pengaruh Lama Pengeringan terhadap Karakteristik Sensoris Yoghurt Instan Kacang Merah

Lama pengeringan merupakan faktor proses yang dapat mempengaruhi mutu sensoris yoghurt instan kacang merah, terutama akibat perubahan komponen penyusun selama pemanasan. Perbedaan lama waktu pengeringan dapat menyebabkan variasi tingkat penerimaan panelis terhadap organoleptik rasa, aroma, warna, dan tekstur. Hasil pengujian sensoris yoghurt instan kacang merah pada setiap perlakuan lama pengeringan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh lama pengeringan terhadap karakteristik sensoris yoghurt instan kacang merah

Perlakuan	Parameter			
	Rasa	Aroma	Warna	Tekstur
L1	3,80±0,02 ^a	3,71±0,02 ^a	3,92±0,02 ^a	3,86±0,02 ^a
L2	3,77±0,02 ^a	3,51±0,02 ^b	3,82±0,02 ^b	3,82±0,02 ^a
L3	3,51±0,02 ^b	3,42±0,02 ^c	3,61±0,02 ^c	3,62±0,02 ^b
L4	3,42±0,02 ^c	3,38±0,02 ^c	3,57±0,02 ^c	3,23±0,02 ^c

Hasil pengujian organoleptik menunjukkan bahwa variasi lama pengeringan menyebabkan perbedaan tingkat penerimaan panelis terhadap yoghurt instan kacang merah pada seluruh organoleptik yang diuji. Perubahan waktu pengeringan berpengaruh terhadap karakteristik sensori produk, terutama akibat adanya perubahan fisik dan kimia selama proses penghilangan air. Berdasarkan penilaian organoleptik rasa, perlakuan L1 memperoleh skor tertinggi yaitu 3,80±0,02 dan tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan L2 (3,77±0,02). Sementara itu, L4 memiliki tingkat kesukaan paling rendah sebesar 3,42±0,02.

Penurunan nilai rasa pada perlakuan dengan pengeringan lebih lama, hal ini karena pemanasan yang berlangsung lebih lama dapat memengaruhi komponen pembentuk cita rasa sehingga karakteristik khas yoghurt mengalami perubahan. Penilaian aroma menunjukkan pola yang sama, dengan nilai

tertinggi terdapat pada L1 (3,71±0,02) dan nilai terendah pada L4 (3,38±0,02). Lama waktu pengeringan menyebabkan penurunan penerimaan aroma, yang kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya senyawa volatil penyusun aroma akibat penguapan selama proses pemanasan. Kondisi tersebut menyebabkan intensitas aroma khas yoghurt instan menjadi lebih rendah.

Pada organoleptik warna, perlakuan L1 menghasilkan tingkat kesukaan tertinggi (3,92±0,02), sedangkan L4 menghasilkan nilai terendah (3,57±0,02). Penurunan nilai warna lama waktu pengeringan yang dapat menyebabkan perubahan komponen pigmen alami dari kacang merah. Degradasi pigmen selama pengeringan dapat mengurangi intensitas warna sehingga mempengaruhi preferensi panelis.

Organoleptik tekstur juga mengalami perubahan akibat perbedaan lama pengeringan. Nilai tertinggi diperoleh pada L1 (3,86±0,02), sedangkan nilai terendah terdapat pada L4 (3,23±0,02). Waktu pengeringan yang lebih panjang dapat menyebabkan perubahan karakteristik fisik partikel yoghurt instan, termasuk kemampuan menyerap air kembali (*rehydration ability*) yang berpengaruh terhadap tekstur setelah penyajian. Secara umum, perlakuan L1 menunjukkan penerimaan sensoris paling baik dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa pengaturan lama pengeringan yang tepat diperlukan untuk mempertahankan organoleptik sensori yoghurt instan kacang merah agar tetap memiliki daya terima yang tinggi.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan perbandingan konsentrasi susu kacang merah dan maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap mutu yoghurt instan kacang merah. Penambahan maltodekstrin pada konsentrasi rendah yaitu pada perlakuan KM₁ hingga KM₃ memiliki karakteristik produk yang lebih dapat diterima, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi cenderung menurunkan mutu sensoris. Lama pengeringan juga mempengaruhi karakteristik yoghurt instan kacang merah.

Peningkatan waktu pengeringan menyebabkan aktivitas antioksidan, kadar protein, total Bakteri Asam Laktat (BAL), dan tingkat kesukaan panelis terhadap rasa, aroma, warna, serta tekstur cenderung menurun, sedangkan kadar air semakin rendah sehingga menghasilkan produk yang lebih kering dan stabil selama penyimpanan. Yoghurt Instan kacang merah memiliki aktivitas antioksidan yang cukup tinggi, dengan IC₅₀ sebesar 24 µg/mL, menunjukkan

potensinya sebagai pangan fungsional yang dapat membantu menangkal radikal bebas. Total bakteri asam laktat (BAL) pada produk menunjukkan keberhasilan fermentasi yang baik, sehingga menghasilkan produk dengan tekstur dan rasa yang khas serta aman untuk dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, E. V., Koç, M. (2017). *Drying of foods with foam mat drying method*. Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i6.637-645.1117>.
- Analinasari, A., Apriyani, R. 2018. Inovasi Produk Yogurt Alternatif Berbasis Kacang-Kacangan. Jurnal Teknologi Pangan, 9(2), 101–110. DOI: <https://doi.org/10.14710/jtp.2018.21205>.
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (20th ed.). AOAC International.
- Arinanti, M. 2018. Potensi Senyawa Antioksidan Alami pada berbagai Jenis Kacang. Jurnal Ilmu Gizi Indonesia. 1 (2) :134143. <https://doi.org/10.35842/ilgi.v1i2.7>
- Baldys, W. (2025). *Quantitative analysis of key spray drying variables' impact on maltodextrin powders*. Journal of Drying Technology. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2025.2583332>.
- Hayati, R. N., Rohmah, I. A., Sa'adah, K., Hikmawati, S. N., & Muflihati, I. 2024. Pembuatan Yoghurt Bubuk Susu Kedelai (*Glycine max* L. Meriil) Menggunakan Metode Foam Mat Drying dengan Penambahan Maltodekstrin Sebagai Bahan Penyalut. METANA, 20(1), 27-39. DOI: <https://doi.org/10.14710/metana.v20i1.58805>.
- Husni, A., Ariani, D., Budhiyanti, S. A. 2015. Aktivitas Antioksidan dan Tingkat Penerimaan Konsumen pada Minuman Instan yang diperkaya dengan Ekstrak *Sargassum polycystum*. Agritech, 35(4), 368-376. DOI: <https://doi.org/10.22146/agritech.9320>.
- Isolauri E, Sütas Y, Kankaanpää P, Arvilommi H, Salminen S. 2017. Probiotics: effects on immunity. American Journal of Clinical Nutrition. 73(2):444–50, <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.444s>
- Kumalaningsih, S. 2016. Substitusi Sari Kacang Merah dengan Susu Sapi dalam Pembuatan Yogurt. Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, 5(2), 54–60. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2016.005.02.2>.
- Kurniasih, E. 2019. Sosialisasi Bahaya Radikal Bebas dan Fungsi Antioksidan Alami Bagi Kesehatan. Jurnal Vokasi, 3(1), 1. DOI: <https://doi.org/10.30811/vokasi.v3i1.96>.
- Kusuma, B. A. D., Aminah, S., Harsoelistyorini, W. 2022. Aktivitas antioksidan, karakteristik fisik dan sensoris yoghurt beku kecambah kacang merah dengan variasi penambahan ekstrak kulit buah naga merah. Jurnal Pangan dan Gizi, 12 (1), 32-40. DOI: <https://doi.org/10.26714/jpg.12.1.2022.32-40>
- Luh, D.A., Wrasati, P. 2019. Antioxidant Activity and Bioactive Compound in a Functional Instant Drink Made from Mangosteen Peel and Rosella Extract. 2 (1), 069 -077. DOI: <https://doi.org/10.24843/mip.2019.v02.i01.p09>.
- Lo, D., Romulo, A., Lin, J., Wijaya, C. H, and Wu, M. (2022). Effect of different fermentation conditions on antioxidant capacity and isoflavones content of soy tempeh. AIMS Agriculture and Food, 7(3), 567–579. DOI:10.3934/agrfood. DOI: <https://doi.org/10.3934/agrfood.2022035>
- Meilgaard, M., Civille, G. V, and Carr, B. T. (2016). *Sensory Evaluation Techniques* (5th ed.). CRC Press.
- Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis* (5th ed.). Springer.
- Shalaby, E. A., and Shanab, S. M. (2018). Comparison of DPPH and ABTS assays for estimating antioxidant activity. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 5, 505–511. DOI: <https://doi.org/10.22159/ijpps.2013v3i5.6>.
- Sihombing, D. R., Daniela, C. 2022. Formulasi Fruitghurt Kombinasi Sari Buah Jambu Biji Merah dan Nanas Menggunakan Metode Enkapsulasi sebagai Alternatif Sumber Vitamin C. Jurnal Pertanian Tropik, 9(3), 213–219. <https://doi.org/10.32734/jpt.v9i3.10470>. DOI: <https://doi.org/10.32734/jpt.v9i3.10470>
- Sihombing, D. R. 2022. Formulasi Minuman Probiotik Kombinasi Sari Buah Nenas, Jeruk dan Pepaya Sebagai Sumber Vitamin C. Jurnal Riset Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (RETIPA), <https://doi.org/10.54367/retipa.v3i1.2245>. 3(1), 30–37.
- Suter, Ikmal, K. 2018. Pangan fungsional dan prospek pengembangannya untuk Kesehatan Jangka Panjang. Politeknik Kesehatan Denpasar. p. 1–17.
- Tonon, R. V., Brabet, C., and Hubinger, M. D. (2021). Influence of carrier agents on the physicochemical and sensory properties

- of spray-dried food powders. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15125. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15125>.
- Vargas, Voland.L. (2023). Effect of maltodextrin concentration on sensory and physical properties of instant fermented beverages. *Journal of Food Science and Nutrition*, 11(4), 245–253.
- Yadav A, Jaiswal P, Jaiswal M, Kumar N, Sharma R, Raghuwanshi (2015). *importance of probiotics yogurt for human health improvement*. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology.;9(7):25–30. <https://doi.org/10.9790/2402-09722530>.
- Zartel, B., (2018). *Fermentation of non-digestible raffinose family oligosaccharides and galactomannans* 5(8):26–30.ood Funct. 638–646. <https://doi.org/10.1039/C7FO0188H>.