

Pengaruh variasi konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisikokimia susu kambing bubuk menggunakan metode *drum dryer*

Effect of variation maltodextrin concentration on the physicochemical properties of drum-dried goat milk powder

Thevia Nur Afriani Sutiana Putri¹, Atia Fizriani¹, Triana Ulfah², Susilowati³, Gumelar Retno Palupi⁴, Hasmo Sadewo⁴, Hari Hariadi^{5*}, Sandi Darniadi⁵

¹Fakultas Pertanian, Universitas Garut. Jl. Prof. K.H. Cecep Syarifudin No. 52A, Garut, Indonesia

²Fakultas Pertanian, Universitas Insan Cendekia Mandiri. Jl. Pasir Kaliki No. 199, Bandung, Indonesia

³Fakultas Ilmu dan Teknologi Kesehatan, Universitas Jenderal Achmad Yani. Jl. Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi, Indonesia

⁴Direktorat Pemanfaatan Riset dan Inovasi Pada Kementerian/Lembaga Masyarakat, dan Usaha Mikro, dan Menengah. Badan Riset Inovasi Nasional. Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat, Indonesia

⁵Pusat Riset Teknologi Manufaktur Peralatan, Badan Riset Inovasi Nasional. Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat, Indonesia

Korespondensi:
raden_harie@yahoo.com

Submit:
10 Februari 2026

Direvisi:
26 Februari 2026

Diterima:
12 Maret 2026

Abstract. The complex nutritional content of goat milk is classified as a food product that is susceptible to spoilage. This is due to the growth of microorganisms, particularly pathogenic bacteria. Therefore, processing fresh milk into powdered milk is one way to preserve the nutrients in milk. The addition of ingredients such as maltodextrin is necessary to serve as a carrier agent in the drying process. The objective of this study is to determine the effect of maltodextrin addition on the physical and chemical characteristics of goat milk powder using a drum dryer method. In this study, a Randomized Block Design (RBD) was used with four different treatments based on variations in maltodextrin concentration, namely 5%, 10%, 15%, and 20%, each repeated twice to ensure the validity of the results. The data obtained were analyzed to assess the effect of the treatments on various quality parameters, such as moisture content, ash content, protein content, carbohydrate content, solubility, yield, fat content, and hygroscopic properties. Based on results of the analysis, goat milk powder with maltodextrin addition using the drum dryer method in treatment P4 showed the best result compared to the other treatments, with moisture content (2.40%), ash content (3.41%), protein (10.16%), fat (29.51%), carbohydrate (56.92%), hygroscopicity (30.31%), solubility (90.02%), and yield (98.93%). The addition of maltodextrin to the physical and chemical characteristics of goat milk powder did not significantly affect the hygroscopicity but significantly affected the moisture content, ash content, protein, fat, carbohydrates, solubility, and yield.

Keywords: drum dryer, goat milk powder, maltodextrin, maltodextrin concentration, physicochemical properties

Abstrak. Susu kambing merupakan bahan pangan yang rentan mengalami kerusakan. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme, terutama bakteri patogen sehingga pengolahan susu segar menjadi susu bubuk merupakan salah satu upaya untuk mempertahankan kandungan gizi pada susu kambing. Penambahan bahan seperti maltodekstrin berfungsi sebagai *carrier agent* dalam proses pengeringan.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan maltodekstrin terhadap karakteristik fisik & kimia susu kambing bubuk menggunakan metode *drum dryer*. Dalam penelitian ini digunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan yang berbeda berdasarkan variasi konsentrasi maltodekstrin, yaitu 5%, 10%, 15%, dan 20%, yang masing-masing diulang sebanyak dua kali guna memastikan validitas hasil. Data yang diperoleh dianalisis untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap berbagai parameter mutu, seperti kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar karbohidrat, kelarutan, rendemen, kadar lemak, serta sifat higroskopis. Berdasarkan hasil analisis susu kambing bubuk dengan penambahan maltodekstrin menggunakan metode *drum dryer* pada perlakuan P4 menunjukkan hasil terbaik dibanding perlakuan yang lain, yaitu kadar air (2,40%), kadar abu (3,41%), protein (10,16%), lemak (29,51%), karbohidrat (56,92%), higroskopis (30,31%), kelarutan (90,02%), rendemen (98,93%). Penambahan maltodekstrin terhadap karakteristik fisik dan kimia susu kambing bubuk tidak berpengaruh nyata terhadap kadar higroskopis tetapi berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, kelarutan dan rendemen.

Kata-kata kunci: *drum dryer*, konsentrasi maltodekstrin, maltodekstrin, sifat fisiko-kimia, susu kambing bubuk

PENDAHULUAN

Susu kambing adalah cairan alami yang diperoleh dari kambing yang sehat dan higienis melalui proses pemerahan yang dilakukan secara tepat, baik dengan metode tradisional maupun modern (Arief *et al.*, 2018). Berdasarkan ketentuan dalam SNI 01-3141-2011, susu kambing murni tidak mengalami modifikasi terhadap kandungan alaminya. Dalam konteks industri pangan, keberadaan susu memiliki peran krusial dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat, khususnya dalam mendukung aspek kesehatan, peningkatan kecerdasan, dan pertumbuhan anak-anak (Krismaningrum & Rahmadhia, 2023). Secara nutrisi, kandungan yang terdapat dalam susu kambing relatif sebanding dengan susu sapi, dengan komposisi zat gizi susu kambing yaitu kadar air antara 4,53/100 g, kadar abu 5,13/100 g, protein 20,00/100 g, lemak 15,48/100 g, kalsium 6,98 ppm dan pH 3,75 (Sahib *et al.*, 2020). Sehingga sangat penting untuk mempertahankan kandungan nutrisi yang terdapat dalam susu kambing supaya tidak cepat hilang atau rusak.

Kandungan gizi kompleks pada susu kambing termasuk dalam kategori bahan pangan yang rentan mengalami kerusakan. Hal ini disebabkan oleh potensi pertumbuhan mikroorganisme, terutama bakteri patogen yang memanfaatkan nutrisi dalam susu sebagai media tumbuhnya. Beberapa bakteri yang umum ditemukan dalam produk susu kambing antara lain *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., dan *Staphylococcus aureus*, sehingga penting untuk dilakukan penanganan dan pengolahan yang tepat guna menjaga mutu dan keamanan konsumsi produk ini (Arifin *et al.*, 2016). Salah satu upaya yang dilakukan untuk mencegah kerusakan mikrobiologis pada susu kambing segar adalah dengan mengolahnya menjadi susu bubuk. Teknik ini tidak hanya ditujukan untuk memperpanjang umur simpan produk, tetapi juga mampu mempertahankan kandungan nutrisi yang ada.

Selain itu, produk susu bubuk memiliki daya simpan yang lebih baik, stabilitas fisiologis yang tinggi, serta efisiensi dalam proses distribusi karena bentuknya yang kering lebih ringan dan mudah dikemas (Purbasari, 2019). Dalam proses pengeringan susu cair menjadi bentuk bubuk, dilakukan pengurangan air dari bahan baku cair yang menghasilkan produk akhir dengan aktivitas air (a_w) rendah, sehingga mendukung daya simpan produk yang lebih lama (Widodo *et al.*, 2012). Respons positif dari masyarakat terhadap produk susu kambing bubuk tidak terlepas dari karakteristik organoleptik yang dianggap lebih dapat diterima, terutama aroma dan rasa yang tidak terlalu tajam seperti pada susu kambing segar. Hal ini menjadi salah satu faktor yang mendorong peningkatan konsumsi produk susu kambing dalam bentuk bubuk di kalangan masyarakat (Daroini *et al.*, 2019).

Dalam proses pengeringan susu kambing menjadi bubuk, perlu adanya bahan tambahan yang mampu mendukung efisiensi pengeringan sekaligus mempertahankan mutu produk. Salah satu bahan tambahan yang sering digunakan adalah maltodekstrin, yang berfungsi menurunkan aktivitas air karena

kemampuannya dalam mengikat air. Semakin tinggi jumlah air yang terikat oleh maltodekstrin, maka nilai aktivitas air (a_w) produk akan semakin rendah, yang berarti daya simpan produk akan meningkat (Fajarwati, 2017). Maltodekstrin memiliki peran sebagai bahan *encapsulant* yang dapat melindungi kandungan senyawa volatil, mencegah terjadinya oksidasi terhadap senyawa yang sensitif terhadap panas, serta menjaga stabilitas flavor selama proses pengeringan (Fatinah *et al.*, 2021). Enkapsulasi merupakan metode yang dilakukan untuk menjaga senyawa bioaktif yang terdapat dalam bahan pangan serta menjaga citarasa olahan pangan agar tetap enak, selain itu dapat mempertahankan nutrisi dan menutup rasa yang tidak diinginkan dari beberapa senyawa bioaktif dalam bahan makanan, proses enkapsulasi diformulasikan dengan bahan-bahan yang dapat melindungi senyawa bioaktif suatu zat yang disebut sebagai bahan pelapis (Sadiah *et al.*, 2022).

Karakteristik fisikokimia maltodekstrin turut mendukung efektivitasnya sebagai bahan tambahan dalam proses pengeringan. Beberapa keunggulan maltodekstrin antara lain adalah kemampuannya untuk mudah dikompres, daya larut yang tinggi, sifat membentuk lapisan film pelindung, tingkat higroskopisitas yang rendah, kemampuan membentuk tekstur (*body*), serta kestabilan terhadap pencokelatan. Selain itu, maltodekstrin juga memiliki daya hambat terhadap kristalisasi dan ikatan air yang kuat (Purbasari, 2019). Fungsi maltodekstrin dalam proses pengeringan juga mencakup pembentukan lapisan tipis diantara bahan yang dikeringkan, sehingga membantu mempercepat proses pengeringan dan sekaligus mengurangi risiko degradasi termal pada komponen aktif dalam bahan pangan (Kurniasari *et al.*, 2019).

Pengeringan dalam industri pangan merupakan teknik pengolahan yang umum digunakan untuk memperpanjang masa simpan bahan yang dilakukan melalui berbagai metode, tergantung pada jenis bahan dan tujuan pengolahan. Beberapa metode pengeringan yang lazim diterapkan meliputi pengeringan baki, pengeringan semprot (*spray drying*), pengeringan beku (*freeze drying*), pengeringan drum (*drum drying*), pengeringan dengan microwave, serta metode lainnya yang telah berkembang di kalangan industri pangan (Karthuk *et al.*, 2017). Pengolahan susu kambing cair menjadi susu bubuk pada umumnya memanfaatkan metode *drum drying*, yang dikenal sejak tahun 1990-an sebagai teknik pengeringan utama untuk bahan cair sebelum berkembangnya teknologi *spray drying*. Penggunaan alat *drum dryer* memberikan keunggulan dari segi efisiensi energi dan efektivitas ruang kerja, serta mendukung proses produksi berkelanjutan dengan biaya operasional yang lebih ekonomis (Tang *et al.*, 2003). Pada penelitian bubuk *riceberry* menggunakan pengeringan drum yang dikembangkan menjadi produk minuman memiliki kandungan kadar air 4,28%, kadar abu, 2,23%, protein 13,89%, lemak 12,42%, serat 4,23% dan sifat mikroba <10 CFU/g jumlah lempeng aerobik dan <10 CFU/g ragi dan jamur (Rittisak *et al.*, 2022). Penggunaan *drum dryer* juga dapat menjaga nutrisi bahan supaya tidak mudah rusak yang diakibatkan oleh panas, selain itu dapat mengurangi kadar air bahan lebih banyak dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya.

Drum dryer bekerja dengan prinsip memanaskan bahan cair di atas permukaan drum yang kemudian dikikis menjadi serbuk, metode ini lebih ekonomis dan lebih mudah dalam pengoperasiannya (Asiah & Djaeni, 2021). Sejauh ini, penelitian terkait susu kambing bubuk lebih banyak difokuskan pada penggunaan metode *spray drying*, sedangkan kajian tentang pengaruh proses *drum drying* terhadap kualitas susu kambing serbuk masih sangat terbatas, belum banyak studi yang secara khusus mengevaluasi performa metode ini terhadap karakteristik fisik dan kimia susu kambing. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan maltodekstrin terhadap karakteristik fisik dan kimia susu kambing bubuk menggunakan metode *drum dryer*.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah susu kambing segar yang berasal dari peternakan di BRIN Subang sebagai bahan dasar dan maltodekstrin (Subur Kimia Jaya) dengan nilai Dextrose Equivalent (DE) 10–20. Bahan kimia lain yang digunakan dalam analisis fisik dan kimia mencakup aquades (STO Chemical), asam sulfat (H_2SO_4) (by mart), natrium hidroksida (NaOH)

(ROFA), asam borat (H_3BO_3) 2% (smart-lab), bromcresol green 0,1 (nitra kimia), methyl red 0,1% (ROFA), serta larutan asam klorida (HCl) (ROFA).

Alat yang digunakan dalam pengeringan susu kambing serbuk yaitu mesin *drum dryer*, ayakan berukuran 80 mesh, timbangan digital. Sedangkan untuk analisis fisik dan kimia alat yang digunakan seperti selongsong lemak, labu lemak, tabung sokhlet dan tabung ekstraksi, alat destilasi, pemanas listrik, ruang ekstraktor, cawan porselen, desikator, kompor listrik, labu kjeldahl, oven (*memmert*), tanur (*neycraft*), penjepit, buret statif, *homogenizer*, *moisture analyzer*, spektrofotometer, sentrifugasi, timbangan analitik (*ohaus*), labu ukur (*pyrex*), gelas kimia (*pyrex*), erlenmeyer (*pyrex*), pipet tetes dan pipet ukur, mikropipet, corong, batang pengaduk, dan kertas saring.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan empat variasi perlakuan, yakni P1 (200 mL susu kambing dengan penambahan 5% maltodekstrin), P2 (200 mL susu kambing dengan penambahan 10% maltodekstrin), P3 (200 mL susu kambing dengan penambahan 15% maltodekstrin), dan P4 (200 mL susu kambing dengan penambahan 20% maltodekstrin). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak dua kali untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas hasil.

Parameter yang diamati pada penelitian meliputi karakteristik kimia dan karakteristik fisik susu kambing bubuk. Analisis yang dilakukan pada karakteristik kimia meliputi kadar air, kadar abu, protein, lemak dan karbohidrat. Sementara karakteristik fisik yang dilakukan meliputi higroskopis, kelarutan dan rendemen. Data yang dikumpulkan disajikan dalam bentuk nilai rata-rata disertai standar deviasi, sehingga dapat menggambarkan variasi dan kecenderungan hasil dari setiap perlakuan secara lebih komprehensif. Analisis statistik dilakukan menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengidentifikasi adanya perbedaan signifikan antar perlakuan. Uji lanjut dilakukan dengan metode *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT), menggunakan nilai *Significant Studentized Range* (SSR) guna mengetahui jarak nyata antar perlakuan tanpa mengandalkan titik kritis tunggal. Pendekatan ini memberikan dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan ilmiah terhadap pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diteliti.

Proses Pembuatan Susu Serbuk

Proses pembuatan susu kambing serbuk mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Ghazali (2011) dan Hariadi *et al.* (2023) yang dimodifikasi. Pertama menyiapkan susu kambing segar sebanyak 200 mL kemudian lakukan proses pasteurisasi pada susu dengan suhu 75 °C selama 15 detik. Susu kambing yang telah di pasteurisasi kemudian ditambahkan maltodekstrin DE 10-12 sesuai perlakuan dan masukkan ke dalam gelas kimia. Selanjutnya dilakukan proses homogenisasi menggunakan *magnetic stirrer*. Proses pengeringan susu kambing yang sudah tercampur rata dengan maltodekstrin dimasukkan ke dalam *drum dryer*, suhu yang digunakan yaitu 75 °C selama 1 menit, selanjutnya dilakukan proses pengayakan menggunakan ayakan 80 mesh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kimia Susu Kambing Bubuk

Hasil analisis karakteristik kimia susu kambing bubuk dengan penambahan maltodekstrin menggunakan metode *drum dryer* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kimia susu kambing bubuk

Faktor Pelakuan	Karakteristik Kimia (db %)			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Kadar Air	3,56 ± 0,02 ^d	3,14 ± 0,04 ^c	3,02 ± 0,05 ^b	2,40 ± 0,01 ^a
Kadar Abu	3,36 ± 0,05 ^{ab}	3,03 ± 0,03 ^a	3,75 ± 0,05 ^d	3,41 ± 0,01 ^c
Protein	10,37 ± 0,03 ^c	9,05 ± 0,07 ^a	10,65 ± 0,02 ^d	10,16 ± 0,02 ^b
Lemak	29,07 ± 0,07 ^a	37,36 ± 0,06 ^d	30,01 ± 0,14 ^c	29,51 ± 0,06 ^b
Karbohidrat	57,20 ± 0,02 ^d	50,56 ± 0,10 ^a	55,60 ± 0,11 ^b	56,92 ± 0,05 ^c

Keterangan: Angka pada kolom yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%

Kadar air susu kambing bubuk berdasarkan pengujian DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan P4. Hasil rata-rata P1 (3,56%), P2 (3,14%), P3 (3,02%), dan P4 (2,40%). Hal ini dipengaruhi oleh penambahan maltodekstrin yang semakin tinggi, sehingga kemampuan mengikat air pada bahan semakin tinggi. Semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang digunakan, kadar air yang terkandung dalam susu bubuk kambing semakin rendah. Penurunan ini menunjukkan bahwa maltodekstrin memiliki fungsi yang efektif sebagai agen pengering, karena memiliki kemampuan dalam menyerap air dari bahan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* (2019), bahwa peningkatan jumlah maltodekstrin dalam bahan menyebabkan penurunan kadar air karena kemampuannya dalam mengikat air bebas. Struktur maltodekstrin yang terdiri atas partikel hidrofilik dengan gugus hidroksil yang banyak memungkinkan terjadinya interaksi dengan molekul air dalam jumlah besar. Interaksi tersebut menyebabkan molekul air yang semula berada di luar granula menjadi terserap ke dalam granula dan kehilangan sifat bebasnya (Sumanti *et al.*, 2016). Kadar air susu kambing bubuk dengan penambahan maltodekstrin menggunakan metode *drum dryer* memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI 2970:2015 pada semua perlakuan karena nilai SNI susu bubuk maksimal 5% b/b, yang berarti kualitas kadar air dalam produk masih berada dalam standar yang diperbolehkan (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

Kadar abu susu kambing bubuk berdasarkan pengujian DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P3 dan P4, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan P2. Rata-rata kadar abu dari masing-masing perlakuan yaitu P1 (3,36%), P2 (3,03%), P3 (3,75%), dan P4 (3,41%). Variasi penambahan maltodekstrin pada susu kambing bubuk menghasilkan nilai kadar abu yang fluktuatif. Penurunan kadar abu pada susu kambing bisa diakibatkan karena proses pengenceran maltodekstrin yang dapat menurunkan nilai kadar abu, selain itu mineral bisa berinteraksi dengan maltodekstrin lewat ikatan non-kovalen yang menyebabkan mineral menjadi terperangkap dalam struktur maltodekstrin sehingga nilai kadar abu menjadi lebih rendah (Utomo & Ariska, 2020). Terdapat lonjakan nilai kadar abu yang dapat disebabkan dari penambahan maltodekstrin, karena maltodekstrin memiliki sifat *carrier* atau pelapis selama proses pengeringan yang dapat melindungi mineral, sehingga lebih banyak mineral yang terdeteksi sebagai abu (Corie *et al.*, 2023). Kandungan kadar abu bahan pangan dipengaruhi oleh jenis bahan, cara pengabuan, serta waktu dan suhu yang digunakan selama pengeringan. Makanan atau minuman yang berasal dari hewan biasanya memiliki kadar abu yang tinggi, hal ini disebabkan karena adanya beberapa mineral dalam bahan pangan (Kaya *et al.*, 2021). Susu kambing segar memiliki kadar abu sekitar 0,97% yang terdiri atas kalsium, fosfor, magnesium, kalium, natrium, zat besi dan lainnya (Ratya *et al.*, 2017).

Kadar protein susu kambing bubuk berdasarkan pengujian DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan P4. Nilai rata-rata yang diperoleh yaitu P1 (10,37%), P2 (9,05%), P3 (10,65%), dan P4 (10,16%). Dari hasil tersebut, diketahui bahwa kadar protein berkisar antara 9,05% hingga 10,65%. Kadar protein susu kambing bubuk menghasilkan nilai fluktuatif, penurunan kadar protein susu kambing bubuk dapat diakibatkan karena bahan tambahan yang digunakan yaitu maltodekstrin. Hal ini dapat diakibatkan pada saat pengenceran maltodekstrin sehingga kadar protein per gram produk bubuk menurun. Penurunan kadar protein pada susu bubuk juga dapat diakibatkan karena adanya proses mailard reaksi antara gugus amina protein dan gula reduksi sehingga kadar protein dalam produk terikat (Tansil *et al.*, 2019). Kenaikan kadar protein dapat diakibatkan karena penurunan komponen lain seperti kadar air yang hilang pada saat pengeringan dan kadar lemak yang teroksidasi atau terdegradasi sehingga presentase protein terhadap total padatan naik. Namun demikian, kadar protein susu kambing bubuk hasil perlakuan ini belum memenuhi standar SNI 2970:2015, dimana batas minimal kandungan protein untuk susu bubuk adalah 32% (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

Kadar lemak susu kambing bubuk berdasarkan pengujian DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan P4. Hasil rata-rata kadar lemak dari masing-masing perlakuan adalah P1 (29,07%), P2 (37,36%), P3 (30,01%), dan P4 (29,51%). Berdasarkan hasil analisis kadar lemak terdapat kenaikan pada perlakuan P2 dan penurunan kadar lemak pada P3 dan P4. Hal ini disebabkan oleh kemampuan maltodekstrin dalam membentuk lapisan pelindung di sekitar globula lemak, yang dapat mengurangi risiko oksidasi dan menjaga kestabilan

lemak selama proses pengeringan berlangsung. Peningkatan jumlah maltodekstrin berdampak positif terhadap kandungan lemak dalam yoghurt susu kedelai bubuk (Hayati *et al.*, 2017). Fungsi maltodekstrin sebagai bahan enkapsulasi memberikan perlindungan terhadap komponen produk dari kerusakan akibat panas serta mendukung pembentukan struktur film pelindung yang mempercepat proses pengeringan dan menjaga kestabilan komponen lemak (Gabriela *et al.*, 2020). Penurunan kadar lemak diakibatkan oleh oksidasi lemak karena lemak sangat sensitif terhadap panas sehingga dapat menurunkan kadar lemak, denaturasi dan interaksi lemak dengan protein atau karbohidrat bisa menyebabkan lemak terperangkap dengan adanya penambahan maltodekstrin. Jika dibandingkan dengan data kadar lemak susu kambing bubuk menurut peneliti sebelumnya yaitu sebesar 29,12% (Krismaningrum & Rahmadhia, 2023), maka hasil penelitian ini masih berada dalam rentang yang sesuai. Seluruh perlakuan juga telah memenuhi standar SNI 2970:2015, dimana kadar lemak yang diperbolehkan dalam susu bubuk berkisar antara 26% hingga 42% (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

Kadar karbohidrat susu kambing bubuk berdasarkan pengujian DMRT pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan P4. Rata-rata nilai karbohidrat pada perlakuan P1 (57,20%), P2 (50,56%), P3 (55,60%), dan P4 (56,92%). Rentang kadar karbohidrat susu kambing bubuk ini bervariasi antara 50,56% hingga 57,20%. Penambahan maltodekstrin dalam proses pembuatan susu bubuk berperan dalam pembentukan padatan, meningkatkan viskositas, serta memperbaiki tekstur dan kekentalan produk. Sifat-sifat maltodekstrin seperti kemampuannya membentuk film pelindung, mencegah kristalisasi, menjadikan bahan ini cocok digunakan dalam proses pengeringan (Wahyuni *et al.*, 2021). Nilai kadar karbohidrat yang ditampilkan merupakan hasil perhitungan berdasarkan metode *by difference*, yaitu dengan cara menghitung selisih dari 100% terhadap jumlah kandungan nutrisi lain seperti protein, lemak, air, dan abu. Oleh karena itu, semakin rendah kadar nutrisi lainnya, maka kadar karbohidrat secara otomatis akan tampak lebih tinggi.

Karakteristik Fisik Susu Kambing Bubuk

Hasil analisis karakteristik fisik susu kambing bubuk dengan penambahan maltodekstrin menggunakan metode *drum dryer* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik fisik susu kambing bubuk

Faktor Pelakuan	Karakteristik Fisik (db %)			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
Higroskopis	32,27 ± 5,88 ^c	31,51 ± 1,34 ^b	32,91 ± 1,77 ^d	30,31 ± 3,58 ^a
Kelarutan	85,89 ± 0,33 ^a	87,11 ± 0,18 ^b	88,49 ± 0,39 ^c	90,02 ± 0,14 ^d
Rendemen	95,92 ± 0,50 ^a	97,61 ± 0,57 ^b	98,01 ± 0,04 ^c	98,93 ± 0,09 ^d

Keterangan: Angka pada kolom yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%

Hasil analisis higroskopis menggunakan uji DMRT pada taraf signifikansi 5% yang disajikan dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan P4. Rata-rata nilai higroskopis dari masing-masing perlakuan berturut-turut adalah P1 (32,27%), P2 (31,51%), P3 (32,91%), dan P4 (30,31%). Hasil ini menunjukkan adanya kecenderungan penurunan nilai higroskopis seiring dengan meningkatnya konsentrasi maltodekstrin tetapi, terdapat kenaikan pada nilai higroskopis pada perlakuan P3. Penurunan nilai higroskopis dipengaruhi oleh kuatnya ikatan antara bahan utama dengan zat enkapsulan, sehingga memperkecil kemungkinan serbuk menyerap uap air dari lingkungan. Kondisi ini menunjukkan efektivitas maltodekstrin sebagai agen enkapsulan yang mampu memperkuat stabilitas fisik serbuk. Penurunan ini dapat terjadi karena gugus hidrofob yang dimiliki oleh maltodekstrin menyebabkan sulitnya bahan menyerap air dari lingkungan sehingga produk yang dihasilkan memiliki tingkat higroskopisitas yang rendah (Widyasanti *et al.*, 2019). Faktor lain yang mempengaruhi penurunan higroskopis dapat disebabkan oleh kemampuan maltodekstrin menaikkan nilai *glass transition temperature* (Tg). Maltodekstrin memiliki nilai Tg yang tinggi yakni 149 °C, tingginya nilai Tg maltodekstrin secara tidak langsung menyebabkan Tg bahan mengalami peningkatan sehingga membuat struktur polimer bahan berubah dari *rubbery state* menjadi *glassy state* (Kusuma *et al.*, 2023). Kenaikan nilai higroskopis pada perlakuan P3 dapat diakibatkan karena penambahan maltodekstrin yang semakin tinggi, hal ini dapat disebabkan karena kandungan gugus hidroksilnya

bisa membuat produk tetap higroskopis (Yuliawaty & Susanto, 2015).

Hasil analisis kelarutan menggunakan uji DMRT pada taraf signifikansi 5% yang disajikan dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan P4. Nilai rata-rata kelarutan untuk P1 hingga P4 berturut-turut adalah 85,89%, 87,11%, 88,49%, dan 90,02%. Data ini memperlihatkan tren peningkatan kelarutan seiring dengan bertambahnya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan pada proses pembuatan susu kambing bubuk. Semakin tinggi kandungan maltodekstrin, maka kemampuan larut serbuk dalam air juga semakin meningkat. Hal ini berhubungan erat dengan karakteristik kimia maltodekstrin yang memiliki gugus hidroksil aktif yang memungkinkan interaksi lebih baik dengan molekul air. Peningkatan jumlah gugus hidroksil bebas yang berasal dari bahan pengisi seperti maltodekstrin akan memperbesar kemungkinan larutan terbentuk dengan mudah, sehingga mempermudah proses penyajian produk. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Kaljannah *et al.* (2019), bahwa kelarutan menjadi salah satu parameter penting dalam penilaian mutu bubuk minuman. Dukungan juga datang dari Yuliawaty & Susanto (2015) yang menyebutkan bahwa semakin tinggi jumlah gugus hidroksil pada bahan pengisi, maka semakin tinggi pula kelarutan serbuk yang dihasilkan, serta berkontribusi terhadap peningkatan mutu produk secara keseluruhan.

Hasil analisis rendemen menggunakan uji DMRT pada taraf signifikansi 5% yang disajikan dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan P1 berbeda nyata dengan perlakuan P2, P3 dan P4. Semakin tinggi konsentrasi maltodekstrin yang digunakan dalam proses, semakin besar pula rendemen yang diperoleh dari hasil pengeringan susu kambing. Hal ini mencerminkan bahwa penambahan maltodekstrin dapat meningkatkan efisiensi proses produksi melalui peningkatan massa produk akhir. Temuan ini diperkuat oleh Kaljannah *et al.* (2019) yang menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi maltodekstrin dapat meningkatkan hasil rendemen karena berfungsi sebagai agen pengisi yang menambah volume produk. Selain itu, Yuliawaty & Susanto (2015) juga menyatakan bahwa maltodekstrin meningkatkan total padatan dalam bahan yang diproses, sehingga volume akhir produk meningkat secara signifikan. Maka, dapat disimpulkan bahwa tingginya rendemen sangat dipengaruhi oleh kontribusi maltodekstrin dalam membentuk padatan total dan struktur massa produk selama proses pengolahan berlangsung.

SIMPULAN

Formulasi penambahan maltodekstrin pada pengeringan susu kambing serbuk tidak berpengaruh nyata terhadap kadar higroskopis, tetapi berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, kelarutan dan rendemen.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, R.W., N. Santri, R. Asnawi. (2018). Pengenalan pengolahan susu kambing di Kecamatan Sukadana Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Teknologi Industri Hasil Pertanian*. 23(1), 45-52.
- Arifin, M., A.Y. Oktaviana, R.R.S. Wihansah, M. Yusuf, Rifkhan, J.K. Negara, & A.K. Sio. (2016). Kualitas fisik, kimia dan mikrobiologi susu kambing pada waktu pemerahan yang berbeda di Peternakan Cangkurawok, Balumbang Jaya, Bogor. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 4(2), 291-295.
- Asiah, N., & M. Djaeni. (2021). *Konsep dasar proses pengeringan pangan*. Samarang: Universitas Diponegoro.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 2970:2015. Susu Bubuk*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 01-3141-2011. Susu Segar*. Jakarta: BSN.
- Corie, Z.C., D. Koesoemawardan, F. Nurainy, & O. Nawansih. (2023). Penambahan maltodekstrin pada minuman serbuk mangga dengan metode *foam mat drying*. *Jurnal Agrohita: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*. 8(4), 695-703.
- Daroini, A., E. Rokana, & R.N. Sarbini. (2019). Diversifikasi olahan susu kambing menjadi krupuk

- susu di kelompok wanita ternak Kecamatan Suruh Kabupaten Trenggalek. *J. Dedikasi*. 16(1), 39-48.
- Dewi, R., S. Aminah, & A. Suryanto. (2019). Karakteristik fisik, kimia dan mutu sensori susu bubuk kecambah kedelai instan berdasarkan variasi penambahan maltodekstrin. *Jurnal Pangan dan Gizi*. 9(1), 1-9.
- Fajarwati, D.S. (2017). Pengaruh kombinasi sukrosa dan maltodekstrin terhadap sifat fisikokimia dan organoleptik susu kental manis. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5(3), 72-82.
- Fatinah, D.S., R.E. Mudawaroch, & R. Rinawidiastuti. (2021). Pengaruh penambahan sukrosa terhadap kualitas susu bubuk kambing peranakan Ettawa (PE). *Jurnal Riset Agribisnis dan Peternakan*. 6(2), 37-50.
- Gabriela, M.C., D. Rawung, & M.M. Ludong. (2020). Pengaruh penambahan maltodekstrin pada pembuatan minuman instan serbuk buah pepaya (*Carica papaya L.*) dan buah pala (*Myristica fragrans H.*). *Cocos*. 12(3), 1-8.
- Ghozali, M. (2011). Pembuatan susu kambing bubuk dengan metode pengeringan dan evaluasi kualitasnya. Skripsi. Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hayati, R.N., I.A. Rohmah, K. Sa'adah, S.N. Hikmawati, & Muflihati, I. (2024). Pembuatan yoghurt bubuk susu kedelai (*Glycine max L. Merril*) menggunakan metode *foam mat drying* dengan penambahan maltodekstrin sebagai bahan penyalut. *Metana*. 20(1), 27-39.
- Hariadi, A., M. Rahman, & D. Putri. (2023). Pengolahan susu kambing menjadi susu bubuk dan evaluasi kualitas produk. *Jurnal Teknologi Pangan*. 14(2), 85-94.
- Kaljannah, R., Indriyani., & Ulyarti. (2019). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap sifat fisik, kimia, dan organoleptik minuman serbuk buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Berbasis Sumber Daya Lokal*. 7(1), 297-308.
- Karthuk, P., N. Chhanwal, & C. Anandharamakrishnan. (2017). Drum drying. *Handbook of Drying of Dairy Products*: CRC Press.
- Kaya, A.O.W., E.E.E.M. Nanlohy, & S. Lewerissa. (2021). Perbandingan komposisi kimia perisa tulang ikan tuna (*Thunnus albacares*) dan kulit udang (*Litopenaeus vannamei*). *INASUA: Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 1(1), 21-28.
- Krismaningrum, A. & S.N. Rahmadhia. (2023). Analisis mutu produk akhir pada pengolahan susu kambing peranakan etawa bubuk di CV PQR D.I. Yogyakarta. *Agrokompleks*. 23(1), 70-77.
- Kurniasari, F., I. Hartati, & L. Kurniasari. (2019). Aplikasi metode *foam mat drying* pada pembuatan bubuk jahe (*Zingiber officinale*). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*. 4(1), 1-5.
- Kusuma, B.A., E. Setijawaty, R.M. Yoshari, & I.R.AP. Jati. (2023). Pengaruh perbedaan konsentrasi maltodekstrin dan Na-CMC terhadap sifat fisikokimia bubuk buah semangka merah. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*. 14(1), 59-77.
- Purbasari, D. (2019). Aplikasi metode *foam-mat drying* dalam pembuatan bubuk susu kedelai instan. *Jurnal Agroteknologi*. 13(1), 52-60.
- Ratya, N., E. Taufik, E., & I.I. Arief. (2017). Karakteristik kimia, fisik dan mikrobiologis susu kambing peranakan Etawa di Bogor. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 5(1), 1-4.
- Rittisak, S., R. Charoen, & W. Savedboworn. (2022). Broken riceberry powder production using a double drum dryer and its utilization in the development of instant beverages. *Processes*. 10(2), 1-12.
- Sadiah, I., R. Indiarito, & Y. Cahyana. (2022). Karakteristik dan senyawa fenolik mikrokapsul ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan kombinasi maltodekstrin dan whey protein isolate. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 32(3), 273-282.
- Sahib, J., Miskiyah, M., & A. Kusuma. (2020). Penambahan ekapsulan dalam proses pembuatan yoghurt powder probiotik dengan metode *spray drying*. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 16(2), 56-64.
- Sumanti, D., I.L. Kayaputri, I.I. Hanidah, E. Sukarminah, & A. Giovanni. (2016). Pengaruh konsentrasi susu skim dan maltodekstrin sebagai penyalut terhadap viabilitas dan karakteristik mikroenkapsulasi suspensi bakteri *Lactobacillus plantarum* menggunakan metode *freeze drying*. *Jurnal Penelitian Pangan*. 1(1), 7-13.
- Tang, J., H. Feng, & G.Q. Shen. (2003). Drum drying. *Journal of Animal Science*. 69(10), 4183-4192.

- Tansil, C.Z.L. (2019). *Optimasi konsentrasi maltodekstrin dan suhu pengerjaan semprot terhadap atribut sensoris susu bubuk edamame (Glycine max (L.) Merr.)*. Skripsi. Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang.
- Utomo, D., & S.B. Ariska. (2020). Kualitas minuman serbuk instan sereh (*Cymbopogon citratus*) dengan metode *foam mat drying*. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*. 11(1), 42-51.
- Wahyuni, S., Y.S.K. Dewi, & T. Rahayuni. (2021). Karakteristik fisikokimia dan sensori bumbu instan bubuk gulai tempoyak dengan penambahan maltodekstrin. *Foodtech: Journal Teknologi Pangan*. 4(2), 40-47.
- Widodo, A.V. Rachmawati, R. Chulaila, & I.G.S. Budisatria. (2012). Produksi dan evaluasi kualitas susu bubuk asal kambing Peranakan Ettawa (PE). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 23(2), 132-139.
- Widyasanti, A., N.A. Septiani, & S. Nurjanah. (2019). Pengaruh penambah maltodekstrin terhadap karakteristik fisikokimia bubuk tomat hasil pengeringan pembusaan (*foam mat drying*). *AGRIN*. 22(1), 22-38.
- Yuliaty, S.T., & W.H. Susanto. (2015). Pengaruh lama pengeringan dan konsentrasi maltodekstrin terhadap karakteristik fisik kimia dan organoleptik minuman instan daun mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(1), 41-51.